



**Análisis Paramétrico de Sectores Urbanos con Enfoque Bioclimático: Hacia una
Metodología Replicable en Ciudades Ecuatorianas**

Barcia Bailón Carlos Milton

Delgado Mera Madelyn Michelle

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

Carrera de Arquitectura

Ing. Gabriel Gregorio Salvatierra Tumbaco, Mg.

Aprobación del tutor

En calidad de docente tutor de la Carrera de Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, cuyo tema del proyecto es **"ANÁLISIS PARAMÉTRICO DE SECTORES URBANOS CON ENFOQUE BIOCLIMÁTICO: HACIA UNA METODOLOGÍA REPLICABLE EN CIUDADES ECUATORIANAS"**, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde a BARCIA BAILÓN CARLOS MILTON Y DELGADO MERA MADELYN MICHELLE, estudiantes de la carrera de Arquitectura, período académico 2026 (1), quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 23 de agosto del 2026.

Lo certifico,

ING. GABRIEL GREGORIO SALVATIERRA TUMBACO

C.C. 131325357-5

Tutor

Declaración de autoría 1

Yo, DELGADO MERA MADELYN MICHELLE con CC: 131649442-4, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema “Análisis Paramétrico de Sectores Urbanos con Enfoque Bioclimático: Hacia una Metodología Replicable en Ciudades Ecuatorianas”, el cual fue dirigido por el tutor, ING. GABRIEL GREGORIO SALVATIERRA TUMBACO.

Dejo constancia de la originalidad del trabajo realizado tomando de referencia a autores que aportaron a la investigación, y a la recopilación de datos e información en fuentes bibliográficas, visitas de campos, entre otros.

En la ciudad de Manta, a los 23 días del mes de agosto de dos mil veintiséis.

Delgado Mera Madelyn Michelle

C.C. 131649442-4

Declaración de autoría 2

Yo, BARCIA BAILON CARLOS MILTON con CC: 172959485-1, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema “Análisis Paramétrico de Sectores Urbanos con Enfoque Bioclimático: Hacia una Metodología Replicable en Ciudades Ecuatorianas”, el cual fue dirigido por el tutor, ING. GABRIEL GREGORIO SALVATIERRA TUMBACO.

Dejo constancia de la originalidad del trabajo realizado tomando de referencia a autores que aportaron a la investigación, y a la recopilación de datos e información en fuentes bibliográficas, visitas de campos, entre otros.

En la ciudad de Manta, a los 23 días del mes de agosto de dos mil veintiséis.

Barcia Bailon Carlos Milton

C.C. 172959485-1

Certificación de aprobación del trabajo de titulación

En calidad de tribunales de la Carrera de Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber revisado el trabajo de titulación, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema es “ANÁLISIS PARAMÉTRICO DE SECTORES URBANOS CON ENFOQUE BIOCLIMÁTICO: HACIA UNA METODOLOGÍA REPLICABLE EN CIUDADES ECUATORIANAS” internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo APRUEBO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para proceder a la defensa correspondiente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario. En la ciudad de

Manta, a los XX días del mes de XXX del dos mil veintiséis.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

C.C. XXXXXXXXXXXXXXX

Tribunal 1

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

C.C. XXXXXXXXXXXXXXX

Tribunal 1

Dedicatoria 1

Por Madelyn Delgado

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi querido papi, el Sr. César Eloy Gutiérrez Alcívar, quien hoy me acompaña desde el cielo. Gracias por creer siempre en mí, por enseñarme a luchar por mis sueños y por ser una fuente de inspiración constante en mi vida. Aunque no estés físicamente para compartir este logro, sé que desde donde estás te sientes orgulloso de cada paso que he dado. Este triunfo también es tuyo. A mi mami Elsa, mi abuela, por su amor incondicional, por sentirse siempre orgullosa de mí y por creer en la persona que soy.

A mi hermana Fabiola, quien fue mi pilar fundamental para llegar hasta aquí. Gracias por sostenerme en los momentos difíciles, por impulsarme a seguir adelante y por demostrarme siempre que podía lograrlo. A mi cuñado José, por su apoyo incondicional, su confianza y su constante disposición para ayudarme cuando más lo necesité. A mi hermana Lisette, por estar presente desde que tengo memoria, guiándome con su ejemplo y enseñanzas. Has sido una verdadera maestra en mi vida y una de las personas que más ha contribuido a mi formación personal y profesional.

A Bailey, por acompañarme en tantas noches de desvelo durante las entregas más difíciles. Gracias por permanecer a mi lado en las largas madrugadas de estudio y trabajo, brindándome compañía y tranquilidad cuando más lo necesitaba. Aunque no comprendieras la magnitud de este esfuerzo, tu presencia hizo más llevadero cada momento.

Finalmente, a todas aquellas personas que, con un granito de arena, contribuyeron a que este sueño hoy sea una realidad.

Dedicatoria 2

Por Carlos Barcia

Con profundo agradecimiento, dedico este proyecto a Jesucristo, mi Salvador, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida. Gracias por concederme la oportunidad de alcanzar esta importante meta, por acompañarme desde mi niñez y por sostenerme con amor y fidelidad, aun en medio de los desafíos que se presentaron a lo largo del camino. Porque de Él, por Él y para Él son todas las cosas. (Romanos 11:36)

A mis padres, por su amor inquebrantable, su apoyo incondicional desde el primer día y por estar siempre a mi lado. Gracias por acompañarme en cada paso de este proceso, por sus constantes oraciones y por sembrar en mí los valores y principios que han guiado mi vida y me han permitido crecer como persona.

A mis hermanos y sobrinos, por el cariño que nos une y por ser una fuente de alegría, motivación y fortaleza en mi vida.

A la familia Baque Anchundia, por su cariño, respaldo y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Gracias por sus consejos, por la confianza depositada en mí y por cada enseñanza que han sembrado en mi vida. Con profundo afecto y gratitud, también les dedico este trabajo, como muestra de mi sincero agradecimiento por todo lo que han hecho por mí.

Agradecimiento

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y proporcionarnos las herramientas necesarias para alcanzar esta importante meta.

A nuestro tutor de tesis, por su dedicación, orientación y por compartir sus conocimientos a lo largo del desarrollo de este trabajo, contribuyendo significativamente a nuestro crecimiento académico y profesional.

A los docentes que formaron parte de nuestra formación universitaria, por su apoyo, enseñanzas y valiosos consejos, los cuales hicieron más enriquecedor y llevadero nuestro proceso de aprendizaje.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias por su amor, comprensión y apoyo incondicional durante cada etapa de este camino. Su confianza y motivación fueron fundamentales para culminar con éxito esta meta.

Índice

1	Introducción	16
2	Planteamiento del problema.....	17
2.1	Marco contextual	17
2.2	Formulación del problema	18
2.2.1	Problema Central Y Subproblemas Asociados Al Objeto De Estudio: ...	20
2.3	Definición Del Objeto De Estudio	20
2.3.1	Objeto De Estudio	20
2.3.2	Delimitación Espacial	21
2.3.3	Delimitación Temporal	23
2.4	Campo De Acción De La Investigación.....	24
2.5	Objetivos	24
2.5.1	Objetivo General	24
2.5.2	Objetivos Específicos.....	24
2.6	Idea a Defender	25
2.7	Justificación	25
2.7.1	Justificación Social	25
2.7.2	Justificación Urbana.....	25
2.7.3	Justificación Académica.....	25
2.7.4	Justificación Institucional	26
2.8	Operacionalización de Variables	26
2.8.1	Variable Independiente.....	26
2.8.2	Variable Dependiente	27
2.9	Tareas Científicas Desarrolladas.....	28
2.9.1	Tc1: Revisión Bibliográfica y Análisis Crítico Sobre Urbanismo y Bioclimática	28

2.9.2	Tc2: Formulación del Modelo Metodológico de Análisis Paramétrico	
Urbano	28	
2.9.3	Tc3: Análisis Comparativo del Diagnóstico Realizado	28
2.9.4	Tc4: Elaboración de Instrumento Técnico Para Análisis Urbano	
Bioclimático	28	
3	Capítulo I. Marco Teórico Referencial y Legal	29
3.1	Marco Antropológico.	29
3.2	Marco Teórico	32
3.2.1	Teoría del Diseño Bioclimático	32
3.2.2	Teoría de la Ciudad Compacta	34
3.2.3	Teoría de Ciudades Inteligentes (Smart Cities)	35
3.3	Marco Conceptual	38
3.3.1	Morfología Urbana	38
3.3.2	Enfoque Bioclimático en el Diseño Urbano	42
3.3.3	Diseño Paramétrico	44
3.4	Marco Jurídico y/o Normativo	49
3.4.1	Normas y Leyes Nacionales	49
3.4.2	Normas Internacionales	52
3.5	Modelo de repertorio	57
3.5.1	Diseño y Optimización Paramétrica de Espacios Urbanos Públicos	57
4	Capítulo II. Diseño Metodológico	60
4.1	Métodos	61
4.1.1	Revisión Documental con Enfoque Analítico–Sintético	61
4.1.2	Modelo Digital para Diagnóstico Bioclimático Urbano	61
4.1.3	Análisis Comparativo de Resultados	62
4.1.4	Síntesis Metodológica y Formulación Técnica	63
4.2	Técnicas e Instrumentos	63

4.2.1	Revisión Documental con Enfoque Analítico–Sintético.....	63
4.2.2	Modelo Digital para Diagnóstico Bioclimático Urbano	64
4.2.3	Análisis Comparativo de Resultados	64
4.2.4	Síntesis Metodológica y Formulación Técnica.....	64
4.3	Fuentes	64
4.3.1	Fuentes Primarias.....	64
4.3.2	Fuentes Secundarias.....	65
5	Capítulo III. Diagnóstico y Resultados de la Investigación.....	65
5.1	Elaboración del Diagnóstico.	66
5.1.1	Polígono de Estudio 1 – Manta.....	66
5.1.2	Polígono de Estudio 2 – Montecristi.....	68
5.1.3	Polígono de Estudio 3 – Portoviejo	70
5.2	Presentación de Resultados y Discusión.....	72
5.2.1	Análisis Según Escenarios Estacionales Representativos.....	74
5.2.2	Estimación del Consumo Energético a Partir del Análisis Bioclimático. 77	
5.2.3	Polígono de Estudio 1 -Manta.....	78
5.2.1	Polígono de Estudio 2 – Montecristi.....	85
5.2.2	Polígono de Estudio 3 – Portoviejo	92
6	Conclusiones	100
7	Recomendaciones	101
8	Referencias.....	102
9	Anexos	104

Índice De Figuras

Figura 1 Ubicación referencial del objeto de estudio	21
Figura 2 <i>Ubicación específica de polígono de estudio en Manta</i>	22
Figura 3 <i>Ubicación específica de polígono de estudio en Montecristi</i>	22
Figura 4 <i>Ubicación específica de polígono de estudio en Portoviejo</i>	23
Figura 5 <i>Marco Antropológico</i>	31
Figura 6 <i>Marco teórico</i>	37
Figura 7 <i>Marco conceptual</i>	48
Figura 8 <i>Marco legal</i>	56
Figura 9 <i>Modelo de repertorio</i>	59
Figura 10 <i>Proceso metodológico</i>	60
Figura 11 <i>Diagnostico polígono de estudio I</i>	67
Figura 12 <i>Diagnostico polígono de estudio II</i>	69
Figura 13 <i>Diagnóstico polígono de estudio III</i>	71
Figura 14 <i>Esquema de resultados y discusiones</i>	73
Figura 15 <i>Incidencia del equinoccio de marzo en polígonos de estudio</i>	74
Figura 16 <i>Incidencia del solsticio de junio en polígonos de estudio</i>	75
Figura 17 <i>Incidencia del equinoccio de septiembre en polígonos de estudio</i>	76
Figura 18 <i>Incidencia del solsticio de diciembre en polígonos de estudio</i>	77
Figura 19 <i>Modelo digital de polígono de estudio en Manta</i>	78
Figura 20 <i>Horas solares - Manta</i>	80
Figura 21 <i>Radiación solar - Manta</i>	82
Figura 22 <i>Mapa de calor del consumo energético anual del polígono de estudio en Manta</i>	83
Figura 23 <i>Análisis del consumo energético anual del polígono de estudio en Manta</i>	84
Figura 24 <i>Modelo digital de polígono de estudio en Montecristi</i>	85
Figura 25 <i>Horas solares - Montecristi</i>	87
Figura 26 <i>Radiación solar - Montecristi</i>	89
Figura 27 <i>Mapa de calor del consumo energético anual del polígono de estudio en Montecristi</i>	90

Figura 28 <i>Análisis del consumo energético anual del polígono de estudio en Montecristi.</i>	91
Figura 29 <i>Modelo digital de polígono de estudio en Portoviejo.</i>	92
Figura 30 <i>Horas solares- Portoviejo</i>	94
Figura 31 <i>Radiación solar - Portoviejo</i>	96
Figura 32 <i>Mapa de calor del consumo energético anual del polígono de estudio en Portoviejo.</i>	97
Figura 33 <i>Análisis del consumo energético anual del polígono de estudio en Portoviejo.</i>	98
Figura 34 <i>Matriz comparativa de resultados</i>	99
Figura 35 <i>Levantamiento de información</i>	104
Figura 36 <i>Ortomosaico del polígono de estudio en Manta</i>	104
Figura 37 <i>Reconstrucción tridimensional de polígono de Manta</i>	106
Figura 38 <i>Ortomosaico del polígono de estudio en Montecristi</i>	107
Figura 39 <i>Reconstrucción tridimensional de polígono de Montecristi.</i>	108
Figura 40 <i>Ortomosaico del polígono de estudio en Portoviejo</i>	109
Figura 41 <i>Reconstrucción tridimensional de polígono de Portoviejo.</i>	110
Figura 42 <i>Definición paramétrica de análisis de horas solares</i>	111
Figura 43 <i>Definición paramétrica de niveles de radiación solar</i>	112
Figura 44 <i>Definición paramétrica para determinar consumo energético</i>	113

Índice De Tablas

Tabla 1 <i>Operacionalización de la Variable Independiente.</i>	27
Tabla 2 <i>Operacionalización de la variable Dependiente</i>	27

Resumen

El crecimiento urbano en Ecuador ha evidenciado la necesidad de incorporar criterios bioclimáticos en la planificación de las ciudades, debido a que gran parte de su desarrollo ha respondido a modelos convencionales con escasa consideración de las condiciones ambientales. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo analizar la influencia de la morfología y orientación de las manzanas urbanas sobre el desempeño bioclimático, mediante un análisis paramétrico que permitiera fundamentar decisiones de planificación con base en información objetiva.

La investigación se desarrolló en tres polígonos urbanos de las ciudades de Manta, Montecristi y Portoviejo, provincia de Manabí. Mediante el procesamiento de información fotogramétrica, la construcción de modelos digitales y el análisis paramétrico con herramientas especializadas, se evaluaron variables bioclimáticas relacionadas con la radiación solar, las horas de exposición solar y el consumo energético de los sectores estudiados.

Los resultados evidenciaron que la orientación, densidad, altura y disposición de las manzanas influyen directamente en la radiación solar, el comportamiento térmico y la demanda energética de los entornos urbanos. Asimismo, el análisis comparativo permitió identificar patrones comunes entre los casos de estudio, demostrando que la configuración morfológica constituye un factor determinante en el desempeño bioclimático de los sectores urbanos.

Como resultado de la investigación, se desarrolló una metodología de análisis paramétrico urbano con enfoque bioclimático, validada mediante su aplicación en los tres polígonos estudiados. Además, se formuló una guía metodológica orientada a facilitar la incorporación de criterios bioclimáticos en la planificación y el diseño urbano, contribuyendo al desarrollo de ciudades ecuatorianas más sostenibles, resilientes y energéticamente eficientes.

Palabras clave: Análisis paramétrico urbano, urbanismo bioclimático, morfología urbana, consumo energético, radiación, hora sol.

Abstract

Urban growth in Ecuador has highlighted the need to incorporate bioclimatic criteria into city planning, as much of its development has followed conventional models with little consideration for environmental conditions. In this context, this research aimed to analyze the influence of urban block morphology and orientation on bioclimatic performance, using a parametric analysis to inform planning decisions based on objective information.

The research was conducted in three urban areas of the cities of Manta, Montecristi, and Portoviejo, in the province of Manabí. Through the processing of photogrammetric data, the construction of digital models, and parametric analysis with specialized tools, bioclimatic variables related to solar radiation, hours of solar exposure, and energy consumption were evaluated in the studied areas.

The results showed that the orientation, density, height, and layout of city blocks directly influence solar radiation, thermal behavior, and energy demand in urban environments. Furthermore, the comparative analysis identified common patterns among the case studies, demonstrating that morphological configuration is a determining factor in the bioclimatic performance of urban areas.

As a result of the research, a parametric urban analysis methodology with a bioclimatic focus was developed and validated through its application in the three studied areas. In addition, a methodological guide was formulated to facilitate the incorporation of bioclimatic criteria into urban planning and design, contributing to the development of more sustainable, resilient, and energy-efficient Ecuadorian cities.

Keywords: Parametric urban analysis, bioclimatic urbanism, urban morphology, energy consumption, radiation, hours of sunlight

1 Introducción

El análisis bioclimático urbano se ha consolidado como una herramienta clave en la planificación y el diseño arquitectónico, al permitir comprender la relación entre condiciones climáticas y estructura urbana. Su aplicación resulta fundamental frente a los desafíos del cambio climático, el aumento de temperaturas y la necesidad de garantizar confort ambiental en las ciudades. Tal como lo menciona Ester Higuera:

Actualmente, el urbanismo bioclimático se enmarca en la planificación del desarrollo sostenible, cuyo objetivo es mejorar la calidad de vida de las personas aprovechando al máximo todos los recursos disponibles y controlando los efectos perniciosos sobre el medio ambiente en todas sus escalas (2006, p. 16).

Las ciudades del Ecuador presentan microclimas particulares que impactan tanto en la morfología de las edificaciones como en la calidad de vida de sus habitantes. Estos rasgos climáticos propios del entorno influyen en el desarrollo urbano y la gestión del territorio.

En la provincia de Manabí, las ciudades Manta, Portoviejo y Montecristi constituyen un eje territorial estratégico con dinámicas distintas: Manta, como ciudad portuaria, se caracteriza por un desarrollo urbano intenso vinculado al comercio, la industria y el turismo; Portoviejo, capital provincial, mantiene una estructura urbana más tradicional; Montecristi, con un perfil histórico, experimenta una importante expansión urbana.

Estos patrones de crecimiento evidencian la limitada incorporación de criterios de sostenibilidad y diseño ambiental, generando desafíos en adaptación climática y planificación urbana. La interacción territorial entre estas ciudades hace de la región un escenario idóneo para estudios que integren factores urbanos, ambientales y climáticos.

El uso de software especializado para análisis bioclimático representa un aporte innovador en el contexto local, permitiendo generar lineamientos de diseño urbano y arquitectónico basados en criterios ambientales. Este enfoque busca proponer soluciones aplicables a zonas estratégicas de cada ciudad, contribuyendo al desarrollo de ciudades más resilientes, sostenibles y adaptadas a los efectos del cambio climático en Ecuador.

2 Planteamiento del problema

2.1 Marco contextual

En el escenario urbano de las ciudades ecuatorianas se evidencia un crecimiento acelerado que, en muchos casos, ha superado la capacidad de planificación integral. Este proceso, desarrollado a lo largo de los años, ha dado lugar a estructuras urbanas que responden de manera parcial a las condiciones ambientales propias de cada territorio. La costa del Ecuador, por ejemplo, se caracteriza por un clima cálido húmedo, con altas temperaturas, intensa radiación solar y elevados niveles de humedad; condiciones que inciden directamente en la calidad del hábitat urbano.

En este contexto, la manzana urbana se configura como la unidad fundamental de la estructura de la ciudad. Su disposición, orientación y relación con el entorno construido determinan aspectos esenciales ligados al confort habitacional. Sin embargo, en la realidad nacional, los estudios con enfoque bioclimático se han limitado principalmente al análisis de edificaciones individuales, sin ofrecer información a escala urbana. Esto ha generado un vacío en la comprensión del modo en que las configuraciones colectivas de las manzanas influyen en el desempeño ambiental de las ciudades.

En el contexto específico de la provincia de Manabí, los cantones de Manta, Montecristi y Portoviejo presentan dinámicas urbanas que evidencian la necesidad de incorporar criterios bioclimáticos en los procesos de planificación territorial. Estas ciudades han experimentado procesos de crecimiento y consolidación urbana que han transformado sus características morfológicas, modificando la relación entre el entorno construido y las condiciones ambientales locales.

Manta, debido a su condición costera y a su acelerado desarrollo urbano, se encuentra expuesta a altos niveles de radiación solar y a una progresiva impermeabilización del suelo, factores que inciden en las condiciones de confort térmico. Por su parte, Montecristi presenta sectores consolidados con una elevada ocupación del suelo y una limitada presencia de espacios abiertos, aspectos que pueden influir en la ventilación y el comportamiento térmico urbano. En el caso de Portoviejo, la diversidad de configuraciones morfológicas, densidades edificatorias y áreas verdes genera variaciones en las condiciones microclimáticas locales. Estas particularidades convierten a los tres municipios en escenarios relevantes para analizar la relación entre la forma urbana y el desempeño bioclimático desde una perspectiva comparativa.

Los actores de este escenario incluyen a los habitantes, afectados directamente por el diseño urbano; los profesionales de la construcción y planificación, que aplican herramientas técnicas; los gobiernos locales y organismos de planificación, responsables de normativas y lineamientos; y las instituciones académicas, que desarrollan metodologías para comprender las dinámicas urbanas y ambientales.

En esta línea emergen diversas problemáticas visibles. Entre ellas, la escasa articulación entre la planificación urbana y los criterios bioclimáticos, así como la limitada utilización de herramientas paramétricas que permitan analizar de manera objetiva la relación entre el clima y la morfología urbana. Esta situación se traduce en la creación de espacios que, dadas las condiciones ambientales, no logran alcanzar el confort, lo que ha impulsado el uso de soluciones artificiales como los sistemas de climatización, con el consecuente aumento del consumo energético. Las evidencias de este panorama se reflejan en la presencia de islas de calor urbano, en la falta de consideración de aspectos como la orientación y la forma de las manzanas, y en la dependencia de soluciones aisladas en lugar de estrategias sostenibles que contribuyan al equilibrio ambiental.

En síntesis, los estudios bioclimáticos en el país se concentran principalmente en el ámbito arquitectónico, sin ofrecer una visión integral a escala urbana. Por ello, se vuelve necesario observar con detenimiento la configuración de los espacios urbanos y comprender las implicaciones que tiene en el desempeño ambiental de las ciudades ecuatorianas. Solo a través de esta mirada sistémica será posible generar lineamientos que integren los criterios bioclimáticos en la planificación urbana contemporánea.

2.2 Formulación del problema

En Ecuador, la expansión urbana ha avanzado con una limitada incorporación de estrategias bioclimáticas dentro de los procesos de planificación. Esta visión fragmentada impide comprender la incidencia real que tienen las manzanas urbanas en el desempeño térmico, ambiental y social de los sectores de una ciudad.

La ausencia de metodologías que integren herramientas paramétricas para el análisis bioclimático a escala urbana evidencia un vacío investigativo. Aunque existen recursos técnicos capaces de generar datos verificables y comparables, su aplicación en la práctica nacional ha sido deficiente. Por lo general, se recurre a fuentes genéricas que no especifican con precisión el comportamiento térmico de un sector determinado, lo que restringe la

posibilidad de fundamentar las decisiones urbanas con base en evidencias reales y mediciones objetivas.

No obstante, este panorama también representa una oportunidad de investigación. La identificación de este vacío permite plantear la necesidad de desarrollar un estudio riguroso que incorpore un análisis con enfoque bioclimático parametrizado a escala urbana, de modo que se promueva una planificación sustentada en datos reales, capaz de orientar decisiones hacia ciudades más resilientes, eficientes y confortables.

Por lo cual es necesario cuestionar lo siguiente: ¿Cómo influye la configuración morfológica y la orientación de las manzanas urbanas en el desempeño bioclimático de los sectores ecuatorianos, y de qué manera el uso de herramientas paramétricas puede contribuir a optimizar su planificación ambiental?

2.2.1 Problema Central Y Subproblemas Asociados Al Objeto De Estudio:

2.2.1.1 Problema Central.

La configuración, orientación y relación de los sectores urbanos con su entorno generan dinámicas térmicas y ambientales que inciden en el confort, la eficiencia energética y la habitabilidad en las ciudades ecuatorianas, debido a un uso limitado de criterios bioclimáticos en la planificación urbana.

2.2.1.2 Subproblemas

La morfología urbana consolidada responde a modelos estandarizados de crecimiento que ignoran las particularidades climáticas locales.

Las decisiones urbanas se apoyan en diagnósticos tradicionales sin integrar herramientas paramétricas que simulen y evalúen variables ambientales.

Enfoque fragmentado a nivel arquitectónico, centrado en edificaciones individuales, limita la consideración integral de un sector urbano.

2.3 Definición Del Objeto De Estudio

2.3.1 Objeto De Estudio

Se llevará a cabo un estudio a nivel urbano en tres polígonos de la provincia de Manabí, específicamente en las ciudades de Manta, Montecristi y Portoviejo, sectores específicos que serán analizados con especial atención según la disposición, orientación y morfología de las manzanas que los conforman. Se realizarán estudios desde un enfoque bioclimático mediante herramientas paramétricas, con el objetivo de comprender cómo las configuraciones urbanas y las condiciones ambientales inciden en el confort térmico.

Los resultados permitirán generar lineamientos orientados a la planificación urbana y a su diseño, promoviendo ciudades más resilientes y adaptadas al cambio climático, y contribuirán al desarrollo de una metodología de análisis urbano bioclimático replicable en ciudades ecuatorianas, adaptable a las características morfológicas, climáticas y normativas propias de cada territorio, considerando las disposiciones establecidas en la LOOTUGS, el COOTAD y los instrumentos de ordenamiento territorial vigentes.

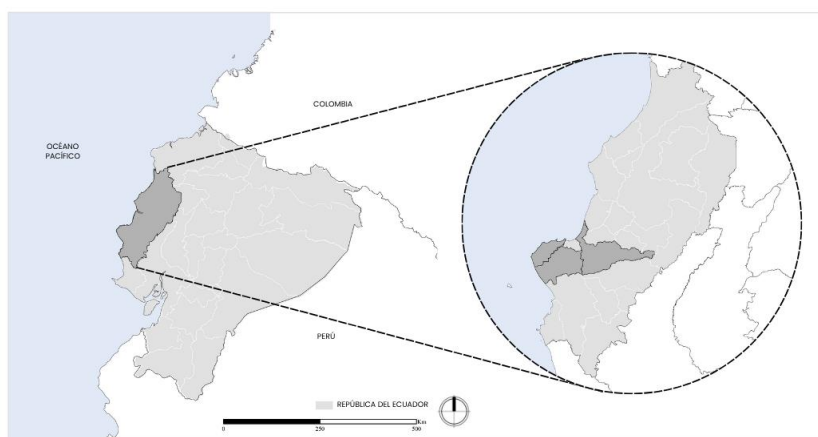
2.3.2 Delimitación Espacial

La investigación se llevará a cabo en la Provincia de Manabí, siendo una provincia consolidada y diversa en cuanto a sus características morfológicas y topográficas. Figura 1.

La selección de los polígonos de estudio responderá a criterios de variabilidad morfológica, disponibilidad de información geoespacial y diferencias en las características físicas y espaciales de los tejidos urbanos analizados. Cada polígono presentará configuraciones diferenciadas en cuanto a estructura de manzanas, densidad edificatoria, trama vial, ocupación del suelo y presencia de espacios abiertos, lo que permitirá examinar distintas condiciones de comportamiento bioclimático dentro del contexto territorial de Manabí. Esta diversidad favorecerá la comparación de resultados y permitirá comprender la influencia que ejercerán las variables morfológicas sobre los indicadores ambientales evaluados.

Figura 1

Ubicación referencial del objeto de estudio



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con lo planteado en el objeto de estudio, se seleccionarán tres polígonos urbanos ubicados en los cantones de Manta, Montecristi y Portoviejo, correspondiendo un polígono por cantón. Cada polígono estará conformado por sectores anonimizados del Censo de Población y Vivienda 2021 (CPV 2021), los cuales constituirán las áreas de análisis de la presente investigación (Figuras 2, 3 y 4).

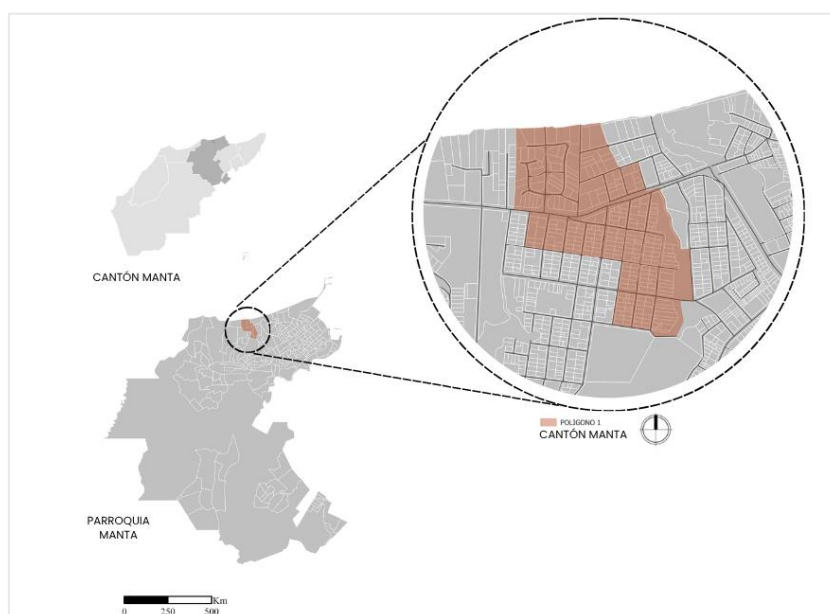
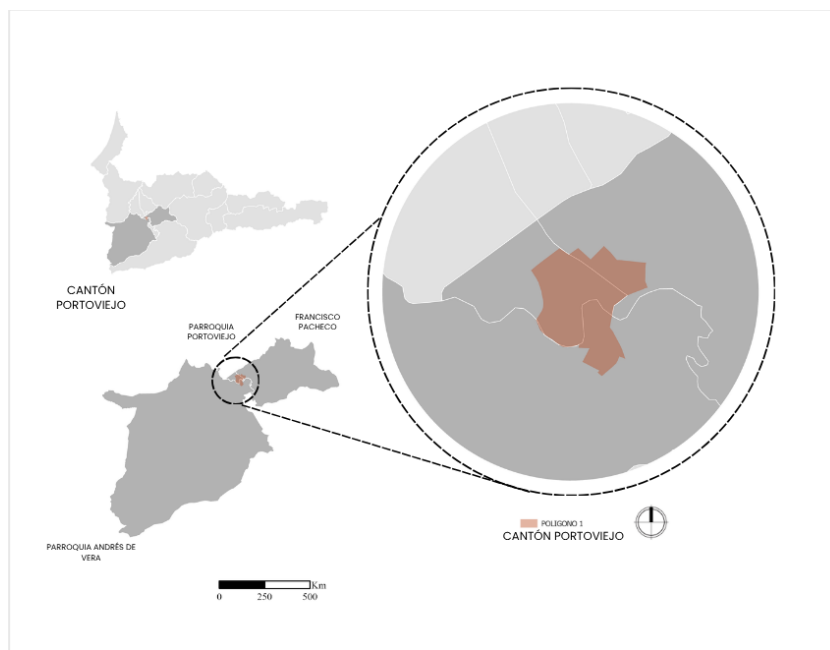
Figura 2*Ubicación específica de polígono de estudio en Manta***Nota.** Elaboración propia.**Figura 3***Ubicación específica de polígono de estudio en Montecristi***Nota.** Elaboración propia.

Figura 4*Ubicación específica de polígono de estudio en Portoviejo*

Nota. Elaboración propia.

2.3.3 Delimitación Temporal

El intervalo de evolución del problema comprende el periodo 2016–2025, seleccionado principalmente por la disponibilidad y accesibilidad de información urbana, catastral y ambiental generada durante estos años. En este lapso se registraron transformaciones significativas en la estructura y uso del suelo de las ciudades de la región costera del Ecuador, particularmente en la provincia de Manabí, donde los procesos de reconstrucción y expansión urbana modificaron la densidad y morfología de las manzanas.

A lo largo de este periodo, la producción de datos técnicos y cartográficos permitió documentar con mayor detalle la evolución de las configuraciones urbanas, ofreciendo una base sólida para el análisis morfológico y funcional. Asimismo, se evidencia que gran parte de las intervenciones urbanas se orientaron hacia la recuperación física de la infraestructura y la vivienda, sin integrar de manera consistente criterios bioclimáticos o de sostenibilidad en el diseño urbano. Por ello, el intervalo 2016–2025 constituye un marco temporal adecuado para evaluar los cambios morfológicos y funcionales de las manzanas urbanas a partir de la información disponible y verificable.

2.4 Campo De Acción De La Investigación

Este proceso se desarrolla bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, en articulación con las líneas de investigación definidas por la ULEAM y la carrera de Arquitectura. El proyecto se enmarca en la Línea 5 de la carrera: “Arquitectura y edificaciones sostenibles”, y se vincula con la Línea G institucional: “Ingeniería, industria, construcción, urbanismo y arquitectura”.

Su enfoque en este campo implica el desarrollo de un conjunto integral de diversos conocimientos, habilidades y destrezas que permiten proyectar, diseñar, construir y gestionar edificaciones respetuosas con el medio ambiente, eficientes en el uso de recursos y socialmente responsables.

2.5 Objetivos

2.5.1 *Objetivo General*

Analizar el comportamiento bioclimático asociado a diferentes configuraciones y orientaciones de sectores urbanos mediante simulaciones paramétricas, para reconocer patrones de desempeño, particularidades propias de cada contexto urbano y establecer una metodología de análisis replicable en ciudades ecuatorianas.

2.5.2 *Objetivos Específicos*

- Identificar, mediante revisión bibliográfica, los fundamentos de la parametrización y del análisis urbano bioclimático, así como los indicadores relevantes para evaluar el desempeño ambiental urbano en el contexto ecuatoriano.
- Diseñar una metodología de análisis paramétrico urbano que permita modelar y simular diferentes configuraciones y orientaciones de los sectores urbanos seleccionados.
- Evaluar y comparar el desempeño bioclimático de los sectores urbanos mediante simulaciones paramétricas, para identificar patrones de comportamiento asociados a sus características espaciales.
- Proponer una metodología de análisis urbano bioclimático replicable, fundamentada en los resultados obtenidos mediante la parametrización y los patrones identificados en los diferentes contextos urbanos.

2.6 Idea a Defender

La integración del análisis paramétrico con enfoque bioclimático permite establecer una metodología eficaz para la evaluación y optimización de la morfología urbana en ciudades ecuatorianas. Mediante la relación entre variables ambientales y morfológicas como la orientación, densidad edificatoria y proporción de manzanas es posible mejorar el desempeño y confort de los entornos urbanos, promoviendo ciudades sostenibles, eficientes y adaptadas a las condiciones climáticas locales.

2.7 Justificación

2.7.1 Justificación Social

La justificación social de esta investigación radica en la necesidad de replantear la planificación de las ciudades ecuatorianas, dado que las decisiones urbanas impactan directamente el bienestar colectivo. Busca vincular el análisis morfológico y bioclimático con la dimensión social del espacio urbano, atendiendo deficiencias existentes y generando bases teóricas y metodológicas para futuras investigaciones en planificación urbana bioclimática.

2.7.2 Justificación Urbana

Se concentra en su aporte a la mejora de la estructura y funcionalidad de los entornos urbanos en el aspecto bioclimático. Al analizar cómo la configuración morfológica y la orientación de las manzanas influye en el desempeño ambiental, el estudio proporciona criterios claros para optimizar el diseño y la organización del espacio urbano. De este modo, el proyecto no solo aborda problemas existentes en la ciudad, sino que también aporta herramientas y criterios de análisis urbano bioclimático que podrán aplicarse en diferentes contextos urbanos del Ecuador mediante la adaptación de los parámetros de análisis a las características morfológicas, climáticas y normativas de cada territorio.

2.7.3 Justificación Académica

La investigación tiene un valor importante ya que promueve el estudio bioclimático en los urbano, fundamental para entender con mayor profundidad los aspectos ambientales climáticos. A través del desarrollo de la metodología paramétrica con herramientas tecnológicas, los lectores tendrán la posibilidad de manejar nuevos instrumentos de estudio para abrir paso a nuevas investigaciones.

2.7.4 *Justificación Institucional*

Fortalece la articulación entre las líneas de investigación institucionales y los proyectos académicos de la carrera de Arquitectura, promoviendo el bioclimatismo aplicado a la arquitectura y urbanismo. Asimismo, impulsa la consolidación de la investigación como un eje estratégico de la institución, ofreciendo resultados que pueden ser utilizados como referencia para futuras iniciativas académicas, proyectos de vinculación y desarrollo institucional.

2.8 Operacionalización de Variables

2.8.1 *Variable Independiente*

La variable independiente nace del propósito de analizar el comportamiento morfológico y ambiental de los sectores urbanos mediante herramientas paramétricas que permitan cuantificar sus características físicas y espaciales. En la siguiente tabla se detalla su operacionalización.

Tabla 1*Operacionalización de la Variable Independiente.*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Item	Instrumento
Análisis paramétrico a nivel urbano	Evaluación y modelación de los elementos urbanos mediante parámetros cuantificables, permitiendo identificar relaciones, patrones y comportamientos del espacio urbano.	Configuración morfológica urbana	Relación entre áreas construidas y libres, trazado urbano, proporción altura–ancho de calles, densidad edificatoria (Trama).	Cuantificables/ Porcentaje	Fotogrametría, Metashape.
		Orientación y disposición espacial	Organización, orientación y características volumétricas del tejido edificado		Grasshopper (Rhino), Ladybug Tools

Nota: Elaboración propia, detalla la operacionalización de la variable independiente

2.8.2 Variable Dependiente

La variable dependiente surge de la necesidad de evaluar el desempeño bioclimático urbano, entendido como la capacidad del entorno construido para ofrecer confort térmico y ambiental según su diseño y morfología. La siguiente tabla presenta su operacionalización:

Tabla 2*Operacionalización de la variable Dependiente*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Item	Instrumento
Desempeño bioclimático urbanos	Capacidad de un sector urbano para ofrecer confort y bienestar según su diseño y morfología	Comportamiento térmico urbano	Dinámica del entorno urbano en función de datos contextuales analizados mediante procesos paramétricos	Cuantificables/ Porcentaje	Grasshopper (Rhino), Ladybug Tools
		Desempeño climático del tejido edificado	Índice de hora solar, incidencia - radiación solar y consumo energético		Grasshopper (Rhino), Ladybug Tools

Nota: Elaboración propia, muestra la operacionalización de la variable dependiente.

2.9 Tareas Científicas Desarrolladas

2.9.1 Tc1: Revisión Bibliográfica y Análisis Crítico Sobre Urbanismo y Bioclimática

La revisión bibliográfica consiste en la búsqueda, selección y análisis de fuentes precisas que aborden la relación entre la morfología urbana y desempeño bioclimático. Esta tarea se orienta a identificar conceptos, teorías y evidencias que permita guiar adecuadamente el desarrollo de la investigación.

2.9.2 Tc2: Formulación del Modelo Metodológico de Análisis Paramétrico Urbano

La tarea implica desarrollar una metodología de parametrización que combine indicadores morfológicos y bioclimáticos mediante modelos digitales y simulaciones. Esto implica definir variables y procedimientos que permitan evaluar escenarios urbanos de manera sistemática. Además, se seleccionarán herramientas de análisis que garanticen la replicabilidad del proceso. Con ello se busca generar un método aplicable a distintos contextos urbanos del Ecuador.

2.9.3 Tc3: Análisis Comparativo del Diagnóstico Realizado

Este procedimiento se centra en comparar los resultados obtenidos del diagnóstico con enfoque bioclimático para identificar patrones y particularidades en el comportamiento ambiental de los sectores urbanos analizados. El análisis permitirá interpretar las tendencias asociadas a sus configuraciones y orientaciones, considerando las características propias de cada contexto urbano.

Los hallazgos obtenidos servirán como base para establecer una guía metodológica de análisis urbano bioclimático replicable en ciudades ecuatorianas, adaptable a las particularidades de cada contexto urbano y podrán facilitar el desarrollo de futuras propuestas o estrategias de planificación sustentadas en el análisis paramétrico y en criterios bioclimáticos.

2.9.4 Tc4: Elaboración de Instrumento Técnico Para Análisis Urbano Bioclimático

Diseñar una guía metodológica que permita ejecutar análisis paramétricos bioclimáticos en diversos contextos urbanos del Ecuador. Su propósito es ofrecer un recurso práctico y adaptable que facilite la aplicación de metodologías sostenibles en distintas ciudades.

3 Capítulo I. Marco Teórico Referencial y Legal

3.1 Marco Antropológico.

Este planteamiento permite comprender lo urbano como un fenómeno que rebasa lo físico y se inserta en dinámicas históricas más amplias, donde los avances tecnológicos, la economía global y la gestión de las poblaciones han reconfigurado la manera en que el hombre interactúa y construye las ciudades. Esta idea introduce un marco que reconoce a lo urbano como un entramado complejo de relaciones, prácticas y sentidos que se transforman constantemente a medida que cambian las estructuras sociales y los circuitos globales.

Eduardo Kigman Garcés:

Lo urbano, lejos de ser un fenómeno exclusivamente geográfico es expresión del proceso creciente de diversificación y multiplicación de los flujos y la formación de gigantescas redes relacionales en movimiento, resultado del desarrollo del capitalismo y su mundialización y del perfeccionamiento de los sistemas informáticos de comunicación y administración de poblaciones (2012,p 30).

El análisis urbano bioclimático no puede limitarse a sus dimensiones técnicas porque requiere comprender como las prácticas y decisiones espaciales se entrelazan con significados culturales, valores sociales y dinámicas comunitarias que a su vez reflejan la complejidad de la misma. La ciudad se define según momentos y contextos concretos. Para el autor, Carlos Herrán “Se presenta como un objeto con un significado social, con un marco valorativo que es producto de determinadas condiciones sociales, económicas, históricas y políticas” (2016, p.278).

De igual manera Herrán sostiene, “Es una de las consumaciones más notorias de la producción material y simbólica, en un proceso de transformación y socialización permanente. No se reduce al mero espacio físico de aglomeración, sino que adquiere valores, identidades e imaginarios contruidos históricamente”(2016, p 19).

Si bien es cierto, las ciudades del Ecuador se han expandido a través de políticas y decisiones basadas en criterios enfocados en el ordenamiento territorial, las decisiones urbanas expresan identidades, aspiraciones y pertenencias, como un reflejo del entorno en el cual sus habitantes interactúan.

En cuanto a las condiciones ambientales; no solo determinan los efectos abióticos del espacio urbano, sino que también influyen en la manera en que las sociedades configuran sus prácticas y valores. Las respuestas humanas frente a la temperatura, la humedad o la radiación solar se expresan en decisiones arquitectónicas y en hábitos cotidianos que reflejan interpretaciones culturales en cuanto al confort y habitabilidad. José Cortés y Humberto dos Santos afirman, “el clima y los fenómenos naturales aparecen asumidos como variables naturales explicativas de los comportamientos y las opciones humanas y sociales”(2020, p.7).

En el análisis del espacio urbano y las soluciones bioclimáticas, resulta fundamental comprender que la cultura no es una entidad oculta ni un fenómeno puramente mental, sino un sistema de símbolos compartidos que se manifiesta en prácticas visibles y colectivas. Como señala Geertz:

La cultura, ese documento activo, es pues pública, lo mismo que un guiño burlesco o una correría para apoderarse de ovejas. Aunque contiene ideas, la cultura no existe en la cabeza de alguien; aunque no es física, no es una entidad oculta (1998, p24).

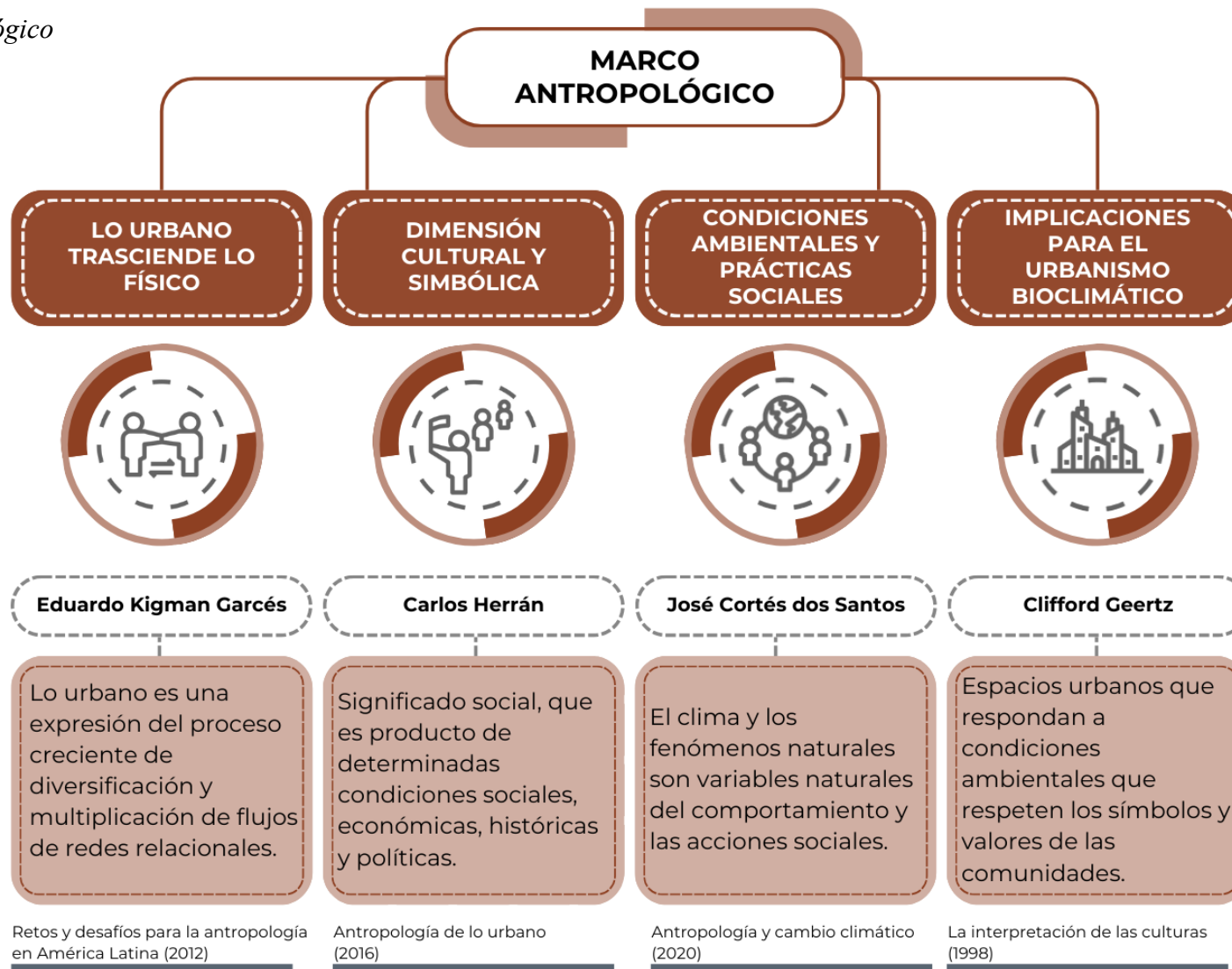
Esta perspectiva es clave para el urbanismo bioclimático, ya que sugiere diseñar y planificar espacios que no solo respondan a condiciones ambientales, sino que también respeten y potencien los símbolos que las comunidades expresan en su diario vivir. Así, la sostenibilidad no se limita a la eficiencia técnica, sino que se convierte en una práctica culturalmente significativa.

En este sentido, las soluciones bioclimáticas no son neutras: se insertan en sistemas simbólicos donde la relación con la naturaleza, la idea de bienestar y las expectativas estéticas varían según el contexto social. Comprender estas percepciones permite explicar por qué ciertos grupos adaptan estrategias de diseño y trama urbana.

En síntesis, un diseño o solución bioclimática no debe ser impuesto, sino culturalmente coherente. Insistir en que el entorno urbano se desarrolla con elementos humanos construidos históricamente, invita a comprender que cualquier intervención urbanística, arquitectónica o social debe considerar esa profundidad cultural.

Figura 5

Marco Antropológico



Nota. Elaboración Propia

3.2 Marco Teórico

3.2.1 *Teoría del Diseño Bioclimático*

La teoría del diseño bioclimático surge como una propuesta que concibe la arquitectura en estrecha relación con el entorno natural. Plantea que los espacios construidos no deben ser elementos aislados, sino respuestas conscientes a las condiciones del clima y del lugar donde se desarrollan. Desde esta perspectiva, el diseño arquitectónico se entiende como un proceso que busca armonía entre el ser humano y su ambiente, aprovechando las características propias de cada región para generar bienestar y sostenibilidad.

En este sentido, Victor Olgyay, precursor de esta teoría, afirma:

Desde el momento en que la vida aparece entre los aspectos más recónditos de las leyes naturales, se encuentra, para o bien o para mal, regida por estas normas que la obligan a un ajuste íntimo con su origen natural. El asentamiento es neutro; este puede ser un ambiente amable o cruel, pero todas las especies vivas deben adaptar su fisiología a través de la selección natural o la mutación, o encontrar defensas apropiadas para enfrentarse a los impactos ambientales (2016, p.7).

La relación que establece Olgyay entre la arquitectura y el clima es vital para entender su postura; El diseño bioclimático consiste en entender que la arquitectura forma parte del sistema natural y debe funcionar en sintonía con él, no en contra ya que el desafío no es simplemente responder al clima, sino cuestionar las condiciones del entorno y reconocer que las decisiones proyectuales reconfiguran ese ambiente.

Esta conjetura se sustenta precisamente en el reconocimiento de que la arquitectura no puede desvincularse de las particularidades de su contexto, una idea presente desde los tratados clásicos y retomada por enfoques contemporáneos. La diversidad física obliga a que cada obra responda a condiciones de manera particular, y es en esa variabilidad donde la teoría encuentra su fundamento: no existen soluciones universales, sino principios capaces de interpretarse de manera distinta según el lugar, pensamiento en el cual, Olgyay, posiciona su tesis y la justifica con el juicio de Vitruvio: “pues de una manera deben ser en Egipto, de otra en España, diversos los de Ponto, diferentes los de Roma: y generalmente en cada país y provincia conviene adaptar los edificios a las propiedades de su clima” (1987, p. 139).

Según sus bases teóricas el diseño bioclimático es claro: una arquitectura que se formule a partir del clima, que incorpore el conocimiento del medio como criterio rector y

que adapta sus estrategias a la singularidad ambiental de cada lugar. La arquitectura está intrínsecamente vinculada a las condiciones climáticas que la rodean, entendidas como un sistema de fuerzas que moldean tanto el comportamiento humano como las posibilidades materiales del espacio construido.

Desde esta perspectiva, el clima no es un dato pasivo sino un componente estructurante que define los límites y alcances del confort. Por ello, la relación entre clima, biología y tecnología se concibe también como una base conceptual que explica cómo la arquitectura emerge de la interacción entre el ambiente y las respuestas humanas a sus estímulos, consolidando un marco teórico donde el confort ambiental es una consecuencia natural de dicha articulación.

El planteamiento de Victor Olgyay ha dado paso a nuevos criterios de desarrollo sostenible, aunque para algunos autores, el diseño bioclimático como una respuesta a condiciones donde el ser humano desarrolla su vida, ha estado presente a nivel histórico. No obstante, otros han seguido esta línea por lo cual se ha posicionado como un requerimiento en el diseño en el mundo contemporáneo.

En definitiva, la teoría del diseño bioclimático, formulada originalmente para la arquitectura, plantea que todo espacio construido debe armonizar con las condiciones naturales que lo enmarcan. Sin embargo, un análisis crítico permite reconocer que este principio no tiene por qué limitarse al edificio: si el entorno condiciona la vida y la forma en que habitamos, entonces también moldea —y es moldeado por— la estructura urbana.

Siguiendo esta corriente, Turégano, Velasco y Martínez señalan, “De modo que aquella deja de ser una propuesta para un edificio para ser sustituida por un conjunto de condiciones tendentes a maximizar el número de edificios que, en una actuación urbanística, pueden aprovechar el diseño bioclimático en su mejor expresión”(2009, p. 11).

Extender este pensamiento trasladado a la ciudad implica cuestionar modelos urbanos que ignoran el clima y replican soluciones indiferenciadas, revelando la necesidad de pensar lo urbano como un sistema ambiental activo. Este enfoque propone que los criterios bioclimáticos pueden convertirse en fundamentos para el análisis de sectores urbanos, permitiendo interpretar variables climáticas y territoriales de manera integrada con una mirada más consciente y contextualizada.

3.2.2 *Teoría de la Ciudad Compacta*

La teoría de la ciudad compacta surge como una solución a los problemas derivados de la expansión urbana dispersa, proponiendo un modelo de desarrollo que prioriza la densidad, la diversidad funcional y la movilidad sostenible. “La compacidad en el ámbito urbano expresa la idea de proximidad de los componentes que conforman la ciudad, es decir, la reunión en un espacio más o menos limitado de los usos y las funciones urbanas” (*Estudio del espacio público*, p.49).

En la ciudad compacta, radica la necesidad de integrar sostenibilidad, habitabilidad y cohesión social en la planificación urbana, articulando principios que favorecen la cercanía, el acceso equitativo a servicios y la reducción del impacto ecológico.

Al concentrar a más personas en un mismo entorno, surge la simultaneidad de actividades que enriquecen y dinamizan el espacio urbano. De este modo, Jane Jacobs afirma, “una densa concentración humana es una de las condiciones necesarias para el florecimiento de la diversidad en una ciudad” (1961, p.240).

Esta conjetura tiene relación directa con el criterio de Henri Lefebvre cuando menciona sobre las ciudades; “Las necesidades urbanas específicas consistirán seguramente en necesidades de lugares cualificados, lugares de simultaneidad y encuentros” (1968, p.124)

Peter Newman y Jeffrey Kenworthy, precursores de esta teoría plantean que la ciudad compacta no se limita a una cuestión de densidad urbana, sino que constituye un paradigma integral que articula sostenibilidad, eficiencia y calidad de vida. Su objetivo es contrarrestar los impactos negativos del modelo disperso, como el consumo excesivo de suelo, la fragmentación social y la dependencia del transporte.

Esta visión ha evolucionado con aportes significativos a nivel ecológico aplicando un enfoque ambiental y sistémico en la planificación urbana. Propone que la ciudad debe entenderse como un ecosistema, donde la compacidad se articula con la complejidad, la eficiencia metabólica y la cohesión social, integrando variables ambientales en el diseño urbano para lograr un desarrollo sostenible.

En términos de gestión ambiental, Rueda, invita a la reflexión sobre el concepto desarrollo y sostenibilidad. Indica que esos términos se contradicen en un modelo de planificación disperso y afirma; “La única posibilidad de acercarlas vendría, necesariamente,

de la mano de un cambio de estrategia competitiva, una estrategia basada en el aumento de la información que sustituya a la actual fundamentada en el consumo de recursos” (2005, p.2)

Basada en principios de proximidad y diversidad funcional, esta teoría plantea que la concentración de actividades y servicios en áreas bien conectadas reduce la huella ecológica y favorece la equidad territorial. Además, incorpora criterios ambientales y de resiliencia urbana, orientando el diseño hacia la optimización de recursos naturales, la mitigación del cambio climático y la adaptación a las condiciones locales.

De este modo, la ciudad compacta se configura como una estrategia que integra planificación urbana, movilidad sostenible y eficiencia energética, consolidándose como un modelo clave para enfrentar los desafíos del desarrollo urbano. Esta concepción guarda una estrecha relación con el urbanismo bioclimático, dado que ambos enfoques comparten principios vinculados a la eficiencia energética, la reducción de emisiones y la adaptación al contexto climático local.

La compacidad urbana favorece la implementación de estrategias bioclimáticas al concentrar actividades y edificaciones, lo que permite un mejor aprovechamiento de la orientación solar, la ventilación natural y la infraestructura verde, consolidando así un modelo urbano resiliente y ambientalmente responsable.

3.2.3 Teoría de Ciudades Inteligentes (*Smart Cities*)

La teoría de Ciudades Inteligentes se configura como un marco de estudio que busca explicar la transformación urbana mediante la integración de tecnologías digitales, capital humano y gobernanza innovadora. Desde una perspectiva teórica, este enfoque plantea que la inteligencia urbana no se limita a la infraestructura tecnológica, sino que se extiende a la capacidad de las ciudades para generar conocimiento, optimizar procesos y fomentar la interacción entre actores sociales, económicos y políticos.

Para Caragliu, Del Bo, y Nijkamp (2009), su principal enfoque parece solo centrado en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), sin embargo, se han enfatizado sobre el papel que cumple el capital humano a nivel social, educativo y relacional. Así mismo sobre el interés medioambiental y crecimiento urbano.

La inteligencia urbana contemporánea se entiende como el resultado de la integración de múltiples sistemas tecnológicos que permiten a la ciudad percibir, procesar información y actuar de manera coordinada. En este sentido, la ciudad deja de ser solo una estructura física

y pasa a funcionar como un organismo complejo, donde la toma de decisiones y la adaptación al entorno dependen de la articulación entre infraestructura, información y tecnología. De acuerdo a esta idea, William Mitchell menciona:

La nueva inteligencia de las ciudades reside en la combinación cada vez más efectiva de redes de telecomunicación digital (los nervios), la inteligencia integrada de forma ubicua (los cerebros), los sensores e indicadores (los órganos sensoriales) y el software (el conocimiento y la competencia cognitiva)(2007, p.4).

Este planteamiento teórico se concibe como un modelo integral que busca transformar el espacio urbano mediante la convergencia entre tecnología, sostenibilidad y gobernanza participativa. Su estructura se articula en seis dimensiones interdependientes que no funcionan de manera aislada, sino como un sistema que responde a los retos contemporáneos de las ciudades: Smart Economy, Smart Mobility, Smart Environment, Smart People, Smart Living y Smart Governance representan ámbitos estratégicos donde la innovación tecnológica se combina con la planificación urbana para generar entornos resilientes y eficientes.

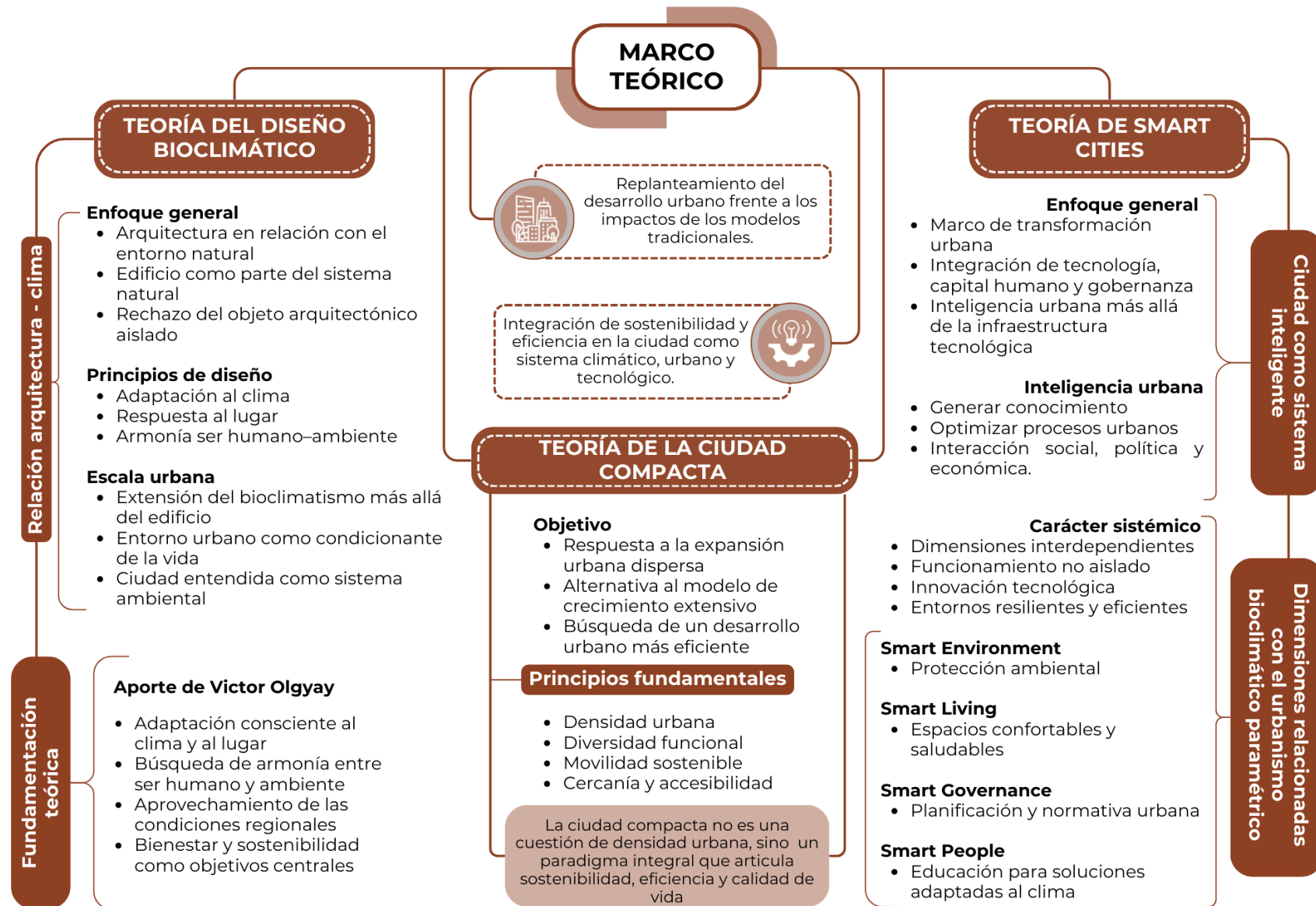
Este modelo ideológico se relaciona directamente con el análisis paramétrico orientado al bioclimatismo ya que ambos comparten el objetivo de optimizar el diseño urbano para mejorar la sostenibilidad y la calidad de vida. Mientras las Smart Cities integran tecnología y gestión eficiente para crear entornos resilientes, el enfoque bioclimático busca adaptar la arquitectura y el urbanismo a las condiciones climáticas locales, reduciendo el consumo energético y el impacto ambiental.

En este sentido, las dimensiones más vinculadas con el sentido investigativo son Smart Environment, por su énfasis en la protección ambiental y la eficiencia energética; Smart Living, al garantizar espacios confortables y saludables mediante estrategias sostenibles; Smart Governance, que permite incorporar criterios bioclimáticos en la planificación y normativa urbana; y Smart People, que fomenta la participación y educación ciudadana para la adopción de soluciones adaptadas al clima.

Estas interrelaciones evidencian que el análisis paramétrico con enfoque bioclimático no solo responde a principios de diseño, sino que se inserta en la lógica integral de las ciudades inteligentes

Figura 6

Marco teórico



Nota. Elaboración Propia

3.3 Marco Conceptual

3.3.1 Morfología Urbana

La morfología urbana se concibe como el estudio de la forma física de las ciudades y su evolución en el tiempo. Este campo analiza la configuración espacial de los elementos que componen el tejido urbano calles, manzanas, terrenos baldíos y edificaciones con el fin de comprender las relaciones entre la estructura formal, los procesos históricos y las dinámicas sociales que modelan el espacio urbano. En la actualidad, este análisis se ve enriquecido mediante la aplicación de herramientas paramétricas y criterios bioclimáticos que permiten evaluar cuantitativamente el desempeño ambiental de la forma urbana.

Así, la morfología deja de ser solo un estudio descriptivo de la forma para convertirse en un instrumento analítico que relaciona la estructura física con variables como la radiación solar, la ventilación natural o el confort térmico, aportando bases científicas para el diseño de ciudades más sostenibles y adaptadas a su contexto climático. Con lo ya mencionado anteriormente, SGROI afirma que:

La forma y trazado de los edificios y calles de una zona urbana están en relación con las funciones que se desarrollan en ella, imprimiéndole una morfología especial. La morfología de una zona en la que predomina la función o uso residencial (barrio de viviendas), se diferencia notablemente de la morfología que percibimos en una zona donde predomina la actividad comercial o industrial (2009, p.3).

También añade que existen zonas donde no se percibe el predominio de un uso, sino que conviven diversas actividades (vivienda, con talleres, depósitos o servicios) y que esa mixtura precisamente es la que aporta una morfología particular a la zona (2009, p. 2).

Esta diversidad refuerza lo planteado por Horacio Capel donde sostiene que:

La morfología urbana permite comprender la ciudad como una estructura compleja resultante de la interacción entre los factores sociales, económicos, culturales y físicos que intervienen en su formación. Desde esta perspectiva, el estudio morfológico no se limita a describir la forma visible de la ciudad, sino que busca interpretar los procesos históricos y funcionales que le dan sentido y continuidad en el tiempo (2002, p.208).

En este sentido, comprender la morfología urbana implica reconocer que la forma de la ciudad no surge de manera aislada, sino como resultado de una continua interrelación entre sus componentes físicos y los procesos sociales que la configuran.

Desde luego, estos complejos de calles, manzanas, parcelas y edificios no existen aisladamente, sino que están interconectados en su origen y evolución, integrados en complejos que tienen una dimensión espaciotemporal. Dichos complejos no son estáticos, sino que tienen un dinamismo que afecta de forma diferente a los elementos que lo componen, cada uno de los cuales condiciona las relaciones físicas y significados funcionales de los otros. En su conjunto constituyen el tejido urbano, formado por la trama de las calles y la urdimbre del parcelario y de las manzanas con sus edificios y usos (2002, p. 71).

Este enfoque permite evaluar de manera cuantitativa cómo los componentes morfológicos como la orientación de las manzanas, la relación entre alturas y anchos de calle, la densidad edificatoria o la proporción de espacios abiertos influyen en el comportamiento bioclimático de la ciudad.

No obstante, el contorno constituye un elemento clave en el análisis morfológico del tejido urbano. En este sentido, se entiende como la línea límite o interfase que separa y, al mismo tiempo, articula la forma edificada con los vacíos urbanos, estableciendo así una frontera de transición entre objeto urbano y espacio público o vacante.

La traza urbana constituye el elemento estructural fundamental del tejido de la ciudad. Se entiende como el sistema de organización espacial que define la disposición de calles, avenidas, plazas y ejes de circulación, determinando la forma y jerarquía del espacio urbano. En síntesis, Capel (2002) da a entender que la traza refleja las decisiones históricas, políticas y culturales que orientan la fundación y desarrollo de la ciudad, siendo el soporte sobre el cual se articulan las parcelas, las manzanas y las edificaciones.

El amanzanamiento se define como el proceso de división del espacio urbano en unidades llamadas manzanas, delimitadas por el entramado vial que conforma la traza de la ciudad. Representa una de las primeras operaciones de estructuración del territorio urbano, pues organiza el suelo en módulos regulares o irregulares. La forma, el tamaño y la proporción de las manzanas influyen directamente en la densidad edificatoria, la ventilación, el asoleamiento y la conectividad peatonal y vehicular, por lo que su análisis resulta fundamental en estudios urbanos con enfoque bioclimático.

Según Panerai hablar de la manzana resulta cómodo. La manzana se lee en el plano de la ciudad, el mismo dibujo la «aísle»; indica una escala intermedia entre el edificio que ocupa

una parcela y los grandes trazados urbanos, y permite plantearse el tema de la composición del tejido (1986, p. 173).

En este sentido, si bien la manzana constituye una herramienta útil para el análisis urbano, su interpretación requiere cautela, pues no siempre refleja la complejidad real del tejido construido ni las variaciones funcionales que lo caracterizan. No obstante, Panerai menciona que tal comodidad puede ser fuente de confusión, pues la imagen vigorosa de una manzana conclusa favorece una lectura reductora: una periferia construida (de modo continuo) y un centro vacío (1986, p. 173).

El parcelamiento es el siguiente nivel de análisis dentro de la morfología urbana, después del amanzanamiento, y constituye un elemento clave para entender la organización interna del suelo urbano. Este, corresponde a la subdivisión de las manzanas en unidades menores denominadas parcelas o lotes, destinadas a la edificación o al uso específico del suelo. Representa el nivel más detallado de la estructura morfológica, donde se materializan las relaciones entre propiedad, forma edificatoria y uso urbano.

Según Horacio Capel dentro del análisis morfológico de la ciudad, el parcelamiento representa la unidad más elemental del tejido urbano, ya que a partir de su configuración se determinan las formas de ocupación del suelo y las tipologías edificatorias que le dan estructura a la ciudad. En sus palabras:

En el interior de las manzanas las parcelas o lotes constituyen más incluso que las manzanas el elemento básico de la construcción de la ciudad. Estas *particellae*, o «partecitas», son en la terminología catastral de origen romano las partes de distinto dueño, y constituyen efectivamente las áreas que delimitan la unidad esencial del suelo urbano: su configuración es el determinante básico de la edificación (Capel, 2002, p. 71).

La edificación, por su parte, se desarrolla dentro de los límites de una parcela, ajustándose generalmente a su forma y dimensiones. En muchos casos, cuando el tamaño del lote no resulta adecuado para el tipo de construcción prevista, es necesario realizar procesos de reparcelación, ya sea mediante la unión o subdivisión de parcelas.

Además de responder a las condiciones físicas de la parcela, influye directamente en la configuración formal del tejido urbano. Su posición dentro del lote, la altura, el volumen y la relación con los espacios abiertos determinan la imagen del frente urbano y la continuidad

visual del paisaje construido. Desde la perspectiva morfológica, la edificación es el componente que otorga materialidad y escala a la estructura urbana, estableciendo la relación entre el espacio público y el privado.

Por consiguiente, el tejido urbano se configura como el resultado de la interacción permanente entre la traza, el parcelamiento y la edificación, expresando la identidad y evolución de cada sector urbano a través de su forma, densidad y continuidad espacial.

Desde el punto de vista de Panerai asocia que la unidad de base del tejido puede representarse como una porción de calle que distribuye a ambos lados un conjunto de parcelas construidas (1986, p. 174). Desde esta interpretación, puede entenderse que Panerai concibe el tejido urbano como una estructura organizada en torno a la relación entre la calle y las parcelas que la bordean. Esta relación constituye la base de la forma urbana, ya que determina la orientación, el acceso y la articulación entre el espacio público y el privado.

De esta manera se asocia con la teoría de Panerai donde hace referencia que, a partir de los primeros trazados, la constitución del tejido se produce mediante particiones parcelarias: el dominio privado se divide, atribuyendo a cada edificio un territorio propio. Aquí también el entendimiento del presente y del corto plazo se combina con una visión a largo plazo (2002, p. 85).

En síntesis, la morfología urbana se consolida como un campo de estudio que busca comprender la forma y evolución de la ciudad a través del análisis de sus componentes estructurales la traza, el amanzanamiento, el parcelamiento, la edificación y el tejido urbano. Estos elementos no actúan de manera aislada, sino en constante interrelación, dando origen a configuraciones espaciales que reflejan las condiciones sociales, económicas, culturales y ambientales de cada contexto. Autores como Horacio Capel destacan la importancia de entender la ciudad como un sistema dinámico, en el que la forma construida es resultado de procesos históricos y funcionales, mientras que Panerai resalta el papel del tejido urbano como la unidad de base que articula la relación entre la calle, las parcelas y la edificación.

Asimismo, el estudio morfológico permite interpretar el espacio urbano más allá de su apariencia física, revelando las lógicas que guían su crecimiento, su estructura interna y su adaptación a las transformaciones contemporáneas.

3.3.2 *Enfoque Bioclimático en el Diseño Urbano*

El enfoque bioclimático en el diseño urbano se fundamenta en la comprensión y aprovechamiento de las condiciones climáticas locales para mejorar el confort térmico, reducir el consumo energético y promover un desarrollo urbano sostenible. Este enfoque considera el clima (radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitaciones y vientos dominantes) el cual debe ser un insumo fundamental en la planificación y morfología de la ciudad, encaminando decisiones sobre orientación, volumetría, espacios abiertos, y materialidad.

En este enfoque, integrar el clima como variable estructural del diseño urbano no solo permite optimizar el desempeño ambiental de la ciudad, sino que también garantiza que las soluciones propuestas respondan a las necesidades reales del territorio y de sus habitantes. Este enfoque implica comprender que la forma urbana, el trazado, los espacios públicos y la materialidad deben surgir de una lectura profunda del medio físico y social, de modo que la ciudad evolucione en armonía con su entorno natural. Esta lógica coincide con el planteamiento de Higuera (2006), para quien:

El objeto de la planificación medioambiental es considerar, en todo el proceso de planeamiento, las particularidades propias de cada entorno, sociedad y clima, para que las propuestas de ordenación en el tiempo y en el espacio estén en equilibrio con su entorno y, así, avanzar hacia el desarrollo sostenible en cualquier tipo de planificación (2006, p. 127).

En este contexto, la adaptación de los espacios habitables a las condiciones ambientales forma parte de la esencia misma de la arquitectura desde sus inicios, pues siempre ha estado orientada a garantizar el confort y el bienestar humano. Sin embargo, con el avance de la tecnología y la masificación de soluciones constructivas estandarizadas, gran parte de este conocimiento tradicional se ha ido perdiendo, dando lugar a edificaciones que muchas veces ignoran el clima y dependen excesivamente de sistemas artificiales de acondicionamiento, aquí lo manifiesta el autor Gustavo Alberto San Juan:

En realidad, parecería innecesario hablar de arquitectura o diseño bioclimático ya que históricamente la materialización de la “vivienda” ha sido un hecho sustancial, no sólo en los grupos nómades sino fundamentalmente en los sedentarios. Ha constituido por

un lado en elemento capaz de resguardar y proteger al habitante de las agresiones de su entorno y de lograr un confort apropiado en función de las características de su medio ambiente. Por otro lado, ofrecer un ámbito propicio para la vida íntima, familiar del grupo (2013, p. 56).

Aunque hoy el enfoque bioclimático se presenta como una tendencia innovadora, no es un concepto nuevo. Desde tiempos antiguos, las personas han diseñado sus viviendas considerando el clima para protegerse del sol, el frío, el viento o la lluvia, ya fueran comunidades nómadas o sociedades sedentarias. Las edificaciones respondían de forma intuitiva a las condiciones ambientales para garantizar refugio y habitabilidad. Si bien las soluciones tradicionales respondían al clima de manera intuitiva, el enfoque contemporáneo requiere métodos más sistemáticos que permitan evaluar con precisión cada condición ambiental.

En términos generales, el autor Victor Olgyay (1998) señala que las soluciones arquitectónicas deben abordar de manera integrada todos los factores climáticos, ya que solo así es posible lograr un equilibrio térmico adecuado. Para ello, el análisis climático debe emplear métodos ajustados a la práctica constructiva, centrados especialmente en la temperatura, la radiación y los efectos del viento, por ser los elementos que más influyen en el confort humano.

Por ello, el análisis climático requiere métodos adaptados a la práctica constructiva, permitiendo evaluar la interacción de estos elementos para lograr soluciones equilibradas y efectivas. Así, integrar el análisis climático dentro del estudio de la ciudad resulta fundamental, pues el trazado urbano, la orientación de las vías, la disposición de las manzanas y la forma de las edificaciones determinan cómo se comportan factores como el viento, la radiación solar y la temperatura en el espacio construido.

Cuando estas decisiones de diseño responden a las dinámicas ambientales, la morfología urbana adquiere un carácter más eficiente, reduciendo impactos térmicos, mejorando la ventilación natural y favoreciendo espacios públicos más confortables. En consecuencia, la forma de la ciudad se convierte en un elemento clave para potenciar el desempeño bioclimático del entorno.

El análisis del urbanismo bioclimático requiere comprender cómo diversas variables ambientales y urbanas interactúan para configurar las condiciones de habitabilidad en la

ciudad. Desde la perspectiva del medio ambiente, factores como la radiación solar, la vegetación, los patrones de viento, la disponibilidad de agua, la humedad del aire y la geomorfología determinan el comportamiento climático del territorio y condicionan las oportunidades y limitaciones para el diseño urbano.

Paralelamente, en el medio urbano, elementos como la red viaria, los espacios libres, la morfología de las manzanas, la estructura parcelaria y la tipología edificatoria actúan como mediadores que pueden amplificar, mitigar o redirigir dichos efectos climáticos. En resumen, según Higuera (2006) indica que los factores naturales se consideran hoy elementos fundamentales a la hora de planificar una ciudad. Estos factores sirven como base o punto de partida para decidir dónde se ubican los sistemas urbanos principales y cómo se organiza la forma urbana.

Además, estos elementos naturales no solo influyen por separado, sino que pueden complementarse entre sí para mejorar el diseño urbano y lograr entornos más confortables, funcionales y sostenibles.

3.3.3 *Diseño Paramétrico*

El diseño paramétrico es un enfoque proyectual basado en la creación de modelos controlados por parámetros, es decir, por variables que pueden modificarse para generar diferentes configuraciones formales o funcionales, permitiendo explorar diversas soluciones mediante herramientas digitales. Esta metodología facilita el análisis y la respuesta eficiente a condiciones ambientales, estructurales, espaciales o de desempeño.

Sandra Navarrete menciona que “el diseño paramétrico es un recurso innovador, aplicable a diferentes escalas: al diseño industrial, a la arquitectura y al urbanismo” (2012, p. 64). Lo señalado por la autora evidencia la capacidad del diseño paramétrico para adaptarse a distintas necesidades proyectuales, permitiendo integrar criterios técnicos, estéticos y ambientales en un mismo proceso.

En el ámbito urbano, esta metodología facilita la producción de modelos que analizan la relación entre la morfología, el clima y el comportamiento del espacio, posibilitando la generación de propuestas más eficientes y contextualizadas. Gracias a su carácter flexible y basado en datos, el diseño paramétrico se convierte así en una herramienta estratégica para la toma de decisiones y el desarrollo de soluciones integrales en entornos complejos.

Un parámetro es una variable cuantitativa o cualitativa que establece una condición específica dentro de un modelo, sistema o proceso. Su función es definir los límites, las relaciones y las reglas que determinan el comportamiento del diseño o del análisis. Tal como se señala Sandra Navarrete, “un parámetro es un dato que es tomado como necesario para analizar o valorar una situación. A partir del parámetro, una determinada circunstancia puede entenderse o situarse en perspectiva” (2012, p. 65). En el campo del diseño paramétrico, los parámetros constituyen la base del modelo, pues operan como entradas que condicionan las formas, proporciones, dimensiones o comportamientos del proyecto.

De esta manera, variables como altura, orientación, densidad, asoleamiento o distancia entre elementos pueden integrarse en un sistema paramétrico para evaluar su impacto en el desempeño espacial o ambiental. Por su capacidad de regulación y adaptación, los parámetros permiten explorar múltiples escenarios de diseño y facilitan la toma de decisiones fundamentadas, especialmente en contextos urbanos.

La arquitectura contemporánea se redefine constantemente ante la demanda de incorporar herramientas y enfoques innovadores en el diseño urbano, capaces de responder a condiciones ambientales cambiantes y a crecientes exigencias de sostenibilidad. En este contexto, la integración de la parametría y el enfoque bioclimático se convierte en un recurso fundamental para diseñar edificaciones y entornos más eficientes, confortables y adaptados a su contexto.

En esta línea, Broseta y Bono mencionan “las herramientas de diseño paramétrico emergen como recursos poderosos para abordar estos retos, permitiendo a los arquitectos y diseñadores explorar una amplia gama de soluciones innovadoras y adaptativas” (2014, p. 10), lo que evidencia su papel en la generación de propuestas flexibles y altamente sensibles a las condiciones del entorno.

El desempeño bioclimático de un entorno urbano depende en gran medida de un conjunto de parámetros que permiten comprender, evaluar y modelar cómo las formas, estructuras y disposiciones espaciales influyen en las condiciones ambientales. Estos parámetros actúan como variables clave en estudios de diseño urbano, ya que determinan el comportamiento térmico, lumínico y ventilatorio de los espacios, afectando directamente el confort ambiental y la eficiencia energética.

La densidad urbana se ha consolidado como un parámetro fundamental en los estudios de morfología y planificación contemporánea, debido a su estrecha relación con el consumo de suelo, la eficiencia energética y la calidad ambiental del espacio urbano. Este indicador no solo describe la estructura de la ciudad, sino que también condiciona su desempeño social, económico y ambiental, lo que explica su importancia en el enfoque bioclimático y en los análisis paramétricos aplicados al diseño urbano. En este marco, Antonia Zapatero menciona que “el debate sobre la densidad urbana continúa en la actualidad y se centra principalmente en la compacidad y la alta densidad de las ciudades como requisitos para una urbanización sostenible” (Zapatero Santos, 2017, p. 9).

En este contexto, el urbanismo bioclimático aporta criterios que permiten evaluar cómo la densidad y la compacidad influyen en el microclima urbano, la ventilación natural, la disponibilidad de asoleamiento y el confort térmico de los espacios públicos. Estas variables, difícilmente perceptibles a simple vista, pueden ser analizadas con mayor precisión mediante herramientas de diseño paramétrico, las cuales facilitan la simulación de flujos de viento, sombras proyectadas, temperatura superficial o pérdida de calor en función de la forma urbana.

Otro parámetro más relevante es la orientación urbana, entendida como la disposición espacial de las edificaciones y el trazado vial con respecto al recorrido solar y a los patrones de viento predominantes. Este factor condiciona de manera decisiva la cantidad de radiación que reciben las fachadas, la profundidad de las sombras proyectadas y la eficiencia de la ventilación natural dentro del tejido urbano.

Desde un enfoque bioclimático, una correcta orientación permite reducir la ganancia térmica excesiva, aprovechar la iluminación natural y favorecer el confort térmico sin necesidad de recurrir a sistemas mecánicos. De tal manera como lo afirma Fernández y Gentili “La orientación de la trama urbana determina qué sectores estarán expuestos a los rayos directos del sol en una u otra época del año. La altura de los edificios define la proyección de su sombra sobre las fachadas de otros edificios o sectores públicos de la ciudad” (Fernández & Gentili, 2021, p. 49).

En este sentido, la orientación no solo actúa sobre el desempeño térmico individual de las edificaciones, sino que influye en la calidad ambiental del espacio público y en la configuración del microclima urbano. Una trama correctamente alineada con el clima local puede generar calles más frescas, áreas peatonales con mejor confort y una distribución más

equilibrada de luz y sombra a lo largo del día. Estos efectos, cuando se evalúan de forma conjunta, permiten comprender que la orientación urbana es un componente estructural del diseño bioclimático a escala ciudad.

En conjunto, estos criterios evidencian cómo la parametrización se convierte en un puente entre el análisis ambiental y la configuración urbana, permitiendo transformar datos climáticos en decisiones espaciales concretas. Al integrar variables como densidad, compactidad, orientación o asoleamiento dentro de modelos dinámicos, el diseño paramétrico no solo facilita la lectura del microclima urbano, sino que habilita la creación de escenarios comparativos que orientan intervenciones más eficientes y contextualizadas.

De este modo, la combinación entre enfoque bioclimático y herramientas paramétricas no representa únicamente una mejora técnica, sino una forma más precisa y fundamentada de proyectar ciudades resilientes, confortables y energéticamente responsables.

Figura 7

Marco conceptual



Nota. Elaboración Propia.

3.4 Marco Jurídico y/o Normativo

Frente a los nuevos desafíos urbanos relacionados con el cambio climático, la eficiencia energética y la necesidad de planificar ciudades más resilientes, surge la importancia de contar con marcos normativos que orienten la integración de criterios bioclimáticos y herramientas avanzadas como la parametría en el diseño y gestión del territorio.

En este contexto, el marco jurídico adquiere un papel fundamental al establecer lineamientos, regulaciones y estándares que permiten evaluar, regular y promover prácticas urbanas sostenibles.

3.4.1 Normas y Leyes Nacionales

3.4.1.1 Constitución de la Republica del Ecuador.

Ecuador, como país que orienta su desarrollo hacia el bienestar colectivo y la sostenibilidad territorial, incorpora en la Constitución de la República del Ecuador (2008) principios y lineamientos que resultan fundamentales para el presente estudio.

3.4.1.1.1 Orientados a la Sostenibilidad Ambiental.

Los artículos 31, 313 y 413 conforman un conjunto normativo que orienta el desarrollo urbano hacia la sostenibilidad y el bienestar colectivo, promoviendo una gestión participativa del territorio y una interacción equilibrada con el ambiente. En conjunto, atribuyen al Estado la responsabilidad de regular los recursos estratégicos bajo criterios de prevención y eficiencia, incorporando consideraciones climáticas en los procesos de planificación. Además, impulsan el uso de energías renovables y tecnologías limpias para proteger el equilibrio ecológico y garantizar derechos esenciales como el acceso al agua y la seguridad alimentaria.

Este marco normativo brinda una base sólida para avanzar hacia formas de urbanización que prioricen la eficiencia y la resiliencia ambiental. En este contexto, el urbanismo bioclimático se presenta como una herramienta idónea para traducir estos principios en soluciones concretas, promoviendo entornos urbanos adaptados al clima, energéticamente eficientes y coherentes con las particularidades del territorio.

3.4.1.1.2 Orientados a la Planificación Urbana y Territorial.

Los artículos 415, 241 y 264 conforman un marco articulado que orienta la gestión del territorio hacia una planificación urbana técnica, participativa y ambientalmente responsable.

En conjunto, establecen la obligación de ordenar el suelo de manera integral, otorgando a los gobiernos municipales la facultad de regular su uso y ocupación con criterios que consideren las particularidades geográficas, climáticas y sociales de cada cantón.

Este enfoque favorece la incorporación de lineamientos bioclimáticos en los instrumentos de planificación, permitiendo analizar densidades, orientar la trama urbana, gestionar áreas verdes, optimizar el uso del agua y promover infraestructuras que respondan al microclima local. Así, estas disposiciones fortalecen la construcción de ciudades más eficientes, resilientes y coherentes con su territorio, donde los parámetros de calidad urbana se definen según las necesidades reales de la población y las condiciones del entorno.

3.4.1.2 Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

El Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) es la norma nacional que regula la organización territorial, la descentralización, la autonomía de los gobiernos locales y su competencia para planificar, ordenar el uso del suelo y regular el crecimiento urbano y rural. Su análisis es fundamental para esta investigación, pues permite evaluar cómo las autoridades locales pueden implementar estrategias de ordenamiento territorial sostenibles y ofrece lineamientos claros para relacionar la morfología urbana con el desempeño ambiental de las ciudades.

3.4.1.2.1 *Artículo 55: Competencias Municipales Exclusivas.*

Refuerza el rol de los gobiernos municipales al otorgarles la potestad exclusiva de planificar el desarrollo cantonal y ordenar el territorio, permitiéndoles regular de manera directa el uso del suelo, las densidades y la zonificación.

Esta atribución resulta clave para integrar criterios ambientales en la estructura urbana, ya que posibilita disponer adecuadamente áreas verdes, orientar edificaciones y definir parámetros que favorezcan el confort térmico, la ventilación y el aprovechamiento solar. En este marco, los municipios cuentan con herramientas normativas para orientar la configuración de la ciudad hacia modelos más eficientes y acordes con las condiciones climáticas y ambientales de cada territorio, fortaleciendo así la aplicación de principios bioclimáticos en la planificación urbana.

3.4.1.2.2 *Artículo 297: Objetivos del Ordenamiento Territorial.*

Define como objetivos la racionalización del uso del suelo, el manejo sostenible del territorio y la articulación de políticas sectoriales con dimensión ambiental. En este sentido, la COOTAD establece que se deben definir “las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo en función de los objetivos económicos, sociales, ambientales y urbanísticos” (Presidencia de la república del Ecuador, 2010, p. 128), lo que se alinea con los principios del urbanismo bioclimático. Esta disposición permite integrar criterios ambientales y bioclimáticos en la planificación territorial, garantizando que el desarrollo urbano considere tanto la sostenibilidad como el confort ambiental de los espacios.

3.4.1.3 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS).

El avance hacia ciudades sostenibles y climáticamente responsables requiere no solo de herramientas técnicas como el diseño paramétrico, sino también de un marco legal sólido que oriente la organización y gestión del espacio construido.

En Ecuador, la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS) junto con las disposiciones constitucionales relacionadas, establecen las directrices para regular la ocupación del suelo, promover la eficiencia ambiental y garantizar un crecimiento equilibrado. Tal como lo menciona la LOOTUGS en el artículo 4, punto 15, literal F:

Tratamiento de sostenimiento. Se aplica en áreas que se caracterizan por un alto grado de homogeneidad morfológica, coherencia entre el uso y la edificación y una relación de equilibrio entre la capacidad máxima de utilización de los sistemas públicos de soporte y los espacios edificados que no requiere de la intervención en la infraestructura y equipamientos públicos, sino de la definición de una normativa urbanística destinada a mantener el equilibrio orientado (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018, p. 26).

En conjunto, este instrumento jurídico no solo preserva la estructura urbana consolidada, sino que también ofrece una base regulatoria que facilita la incorporación de criterios bioclimáticos y herramientas avanzadas de análisis, promoviendo la conservación de entornos eficientes, estables y ambientalmente responsables.

Del mismo modo, el principio de sustentabilidad expuesto en la LOOTUGS guarda una relación directa con el uso de metodologías paramétricas, pues estas permiten evaluar con precisión el comportamiento ambiental de la forma urbana, simular escenarios futuros y fundamentar decisiones en información cuantificable. Como señala la LOOTUGS en el artículo 5, numeral 1: “La sustentabilidad. La gestión de las competencias de ordenamiento territorial, gestión y uso del suelo promoverá el desarrollo sustentable, el manejo eficiente y racional de los recursos, y la calidad de vida de las futuras generaciones” (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018, p. 29).

Asimismo, la LOOTUGS determina la necesidad de establecer parámetros de calidad urbana como parte esencial de la administración del suelo:

“Definir parámetros de calidad urbana en relación con el espacio público, las infraestructuras y la prestación de servicios básicos de las ciudades, en función de la densidad edificatoria y las particularidades”(Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018, p. 22).

En este sentido, vincular la calidad de los espacios colectivos, las redes de soporte y los servicios esenciales implica asegurar entornos funcionales, seguros y ambientalmente equilibrados. La mención explícita de la densidad edificatoria y de las particularidades geográficas y culturales, proporciona un marco adaptable que permite adecuar las decisiones de planificación a factores como el clima local, la orientación solar, los vientos predominantes y la estructura social de cada contexto.

Esto se articula directamente con los principios del urbanismo bioclimático, cuyo propósito es optimizar las condiciones ambientales mediante la forma y configuración de la ciudad.

3.4.2 Normas Internacionales

Las normas internacionales desempeñan un papel esencial al proporcionar criterios técnicos universales que garantizan calidad, coherencia y comparabilidad en los estudios urbanos. En la presente investigación, estas normas actúan como un soporte que permite fundamentar los análisis bioclimáticos y urbanos con estándares reconocidos globalmente.

3.4.2.1 Normas ISO.

En el campo urbano y ambiental, estas normas proporcionan lineamientos técnicos que permiten evaluar el desempeño de las ciudades, asegurar prácticas responsables de gestión territorial y promover modelos de desarrollo compatibles con el entorno natural.

3.4.2.1.1 *ISO 37122: Indicadores Para Ciudades Inteligentes.*

La ISO 37122 (2019), dedicada a los Indicadores para Ciudades Inteligentes, establece un conjunto de métricas estandarizadas que permiten evaluar el desempeño urbano en ámbitos como energía, movilidad, infraestructura, medio ambiente, gobernanza y servicios públicos. Su propósito es medir de manera objetiva cómo una ciudad incorpora tecnologías, datos y procesos innovadores para mejorar su funcionamiento y la calidad de vida.

Esta norma aporta un marco técnico que permite relacionar el análisis morfológico y ambiental con indicadores internacionales de sostenibilidad, eficiencia y resiliencia urbana. Al ofrecer criterios comparables y metodologías de medición, la ISO 37122 facilita integrar variables ambientales, climáticas y de desempeño urbano dentro del análisis paramétrico

3.4.2.1.2 *ISO 37123: Ciudades Resilientes.*

La ISO 37123: Ciudades Resilientes (2019) propone indicadores que permiten evaluar cómo una ciudad enfrenta y supera eventos climáticos, ambientales y socioeconómicos, considerando la gestión del riesgo, la operatividad de sus infraestructuras, la continuidad de los servicios esenciales y la capacidad de respuesta ante emergencias.

Su aplicación integra parámetros de resiliencia en los estudios territoriales, facilitando el análisis del comportamiento urbano frente a condiciones adversas y alineando la metodología con estándares internacionales. Esto contribuye a que el enfoque bioclimático se complemente con criterios que refuerzan la adaptabilidad y robustez del territorio.

3.4.2.1.3 ISO 14090: Adaptación al Cambio Climático.

La ISO 14090 (2019), orientada a la adaptación frente al cambio climático, ofrece lineamientos para incorporar la gestión del riesgo climático en la planificación, destacando la evaluación de vulnerabilidades, el análisis de escenarios y la anticipación de impactos.

La norma refuerza el enfoque bioclimático al promover una planificación preventiva y resiliente que permita anticipar y responder a condiciones ambientales presentes y futuras.

3.4.2.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El análisis urbano bioclimático requiere enfoques que integren desempeño ambiental, eficiencia energética y resiliencia territorial, por lo que los Objetivos de Desarrollo Sostenible impulsados por la ONU se vuelven fundamentales para orientar esta investigación. Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible con mayor pertinencia para este estudio se destacan:

3.4.2.2.1 Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructura.

Meta 9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad.

Meta 9.a: Facilitar el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes en los países en desarrollo mediante un mayor apoyo financiero, tecnológico y técnico.

Estas metas promueven la planificación y el desarrollo de infraestructuras sostenibles, resilientes y de alta calidad. Estas metas refuerzan la necesidad de evaluar el desempeño ambiental y energético de los entornos urbanos, incentivando la incorporación de criterios técnicos, financieros y tecnológicos que permitan diseñar soluciones urbanas más eficientes.

3.4.2.2.2 Objetivo 11: Lograr que las Ciudades Sean Más Inclusivas, Seguras, Resilientes y Sostenibles.

Meta 11.b: Aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres

La meta 11.b fortalece el estudio al impulsar la adopción de políticas urbanas integradas orientadas a la mitigación y adaptación climática, favoreciendo la planificación territorial resiliente y el uso eficiente de recursos, elementos esenciales para un enfoque urbano bioclimático.

3.4.2.2.3 *Objetivo 13: Adoptar Medidas Urgentes Para Combatir el Cambio Climático y Sus Efectos.*

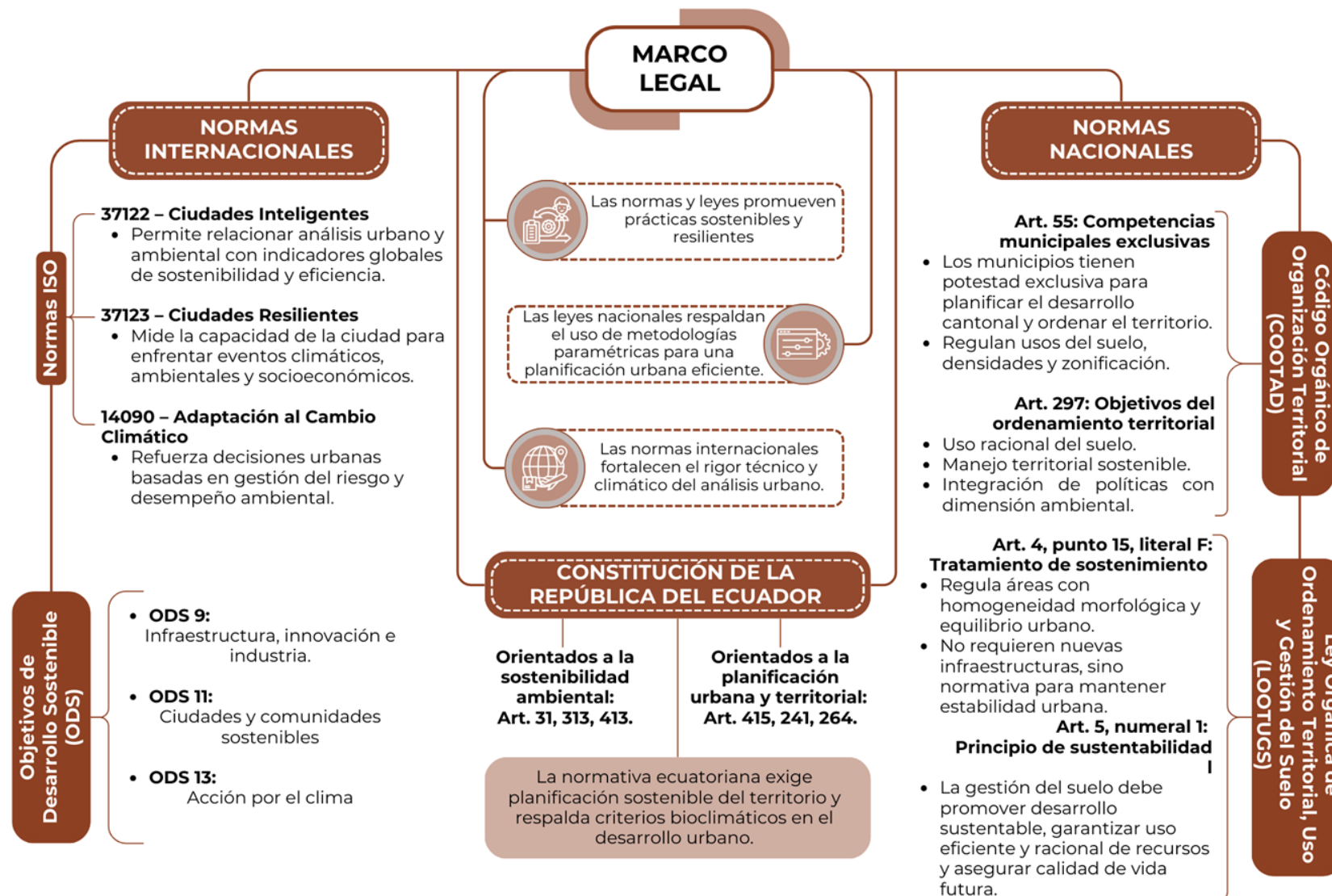
Meta 13.2: Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

Meta 13.b: Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático.

Ambas metas aportan a la investigación al orientar la integración de estrategias urbanas que respondan al cambio climático desde una planificación rigurosa y basada en evidencia. Su contribución radica en fortalecer la incorporación de medidas de mitigación y adaptación en el diseño urbano bioclimático, promoviendo capacidades institucionales y técnicas que permitan gestionar el territorio de manera eficiente, resiliente y alineada con los compromisos climáticos nacionales.

Figura 8

Marco legal



Nota. Elaboración Propia

3.5 Modelo de repertorio.

3.5.1 Diseño y Optimización Paramétrica de Espacios Urbanos Públicos

Dentro del análisis de modelos de repertorio orientados al urbanismo sostenible, resulta fundamental incluir propuestas que integren tecnología y diseño adaptativo frente a los retos del cambio climático. En este contexto, el estudio realizado por Carlos Broseta Turanzo (2024), titulado “Diseño y optimización paramétrica de espacios urbanos públicos”, constituye un referente clave.

Este trabajo, desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia, institución reconocida internacionalmente por su innovación tecnológica e investigación, aporta un insumo esencial para la generación de soluciones urbanas sostenibles.

El estudio se enmarca en una problemática contemporánea: la falta de confort térmico en espacios urbanos, agravada por el cambio climático. Esta situación incide directamente en la calidad de vida de los habitantes de un determinado lugar. Como señala Broseta, “El objetivo de esta herramienta es servir de apoyo a arquitectos y urbanistas en el momento del diseño de los espacios públicos urbanos, que tan importantes son para las actividades sociales de las grandes urbes”(2024, p. 10).

Diseñar espacios que garanticen condiciones térmicas adecuadas no solo responde a una necesidad funcional, sino que también contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y políticas internacionales como el Acuerdo de París y el Pacto Verde Europeo.

El proyecto plantea una metodología innovadora que combina diseño paramétrico, análisis climático y optimización evolutiva. Su objetivo principal es desarrollar un modelo tecnológico que permita optimizar el confort térmico en plazas urbanas mediante simulaciones ambientales y algoritmos evolutivos. Para ello, se emplean herramientas digitales como Grasshopper, para el diseño paramétrico y la subdivisión en celdas; Ladybug, para análisis climáticos basados en radiación solar; y Galápagos, como optimizador evolutivo que determina la disposición más eficiente de los elementos urbanos.

Su proceso se estructura en cinco fases. Primero, el análisis climático y urbano permite comprender las condiciones ambientales y espaciales del área de intervención. Luego, el modelado paramétrico posibilita representar el espacio urbano en un sistema

subdividido que facilita ajustes precisos. A continuación, la simulación térmica evalúa el comportamiento del confort en distintas condiciones climáticas.

En la cuarta fase, la optimización evolutiva se encarga de ajustar parámetros y variables para encontrar la disposición óptima de los elementos urbanos que minimice las temperaturas y maximice el confort. Finalmente, mediante la comparación entre escenarios base y escenarios optimizados, se analiza el impacto de las intervenciones propuestas y se valida la eficacia del modelo desarrollado.

La importancia de este modelo radica en que demuestra cómo la aplicación del diseño paramétrico puede transformar la planificación urbana, ofreciendo respuestas concretas a los desafíos del confort térmico. Como afirma Broseta,

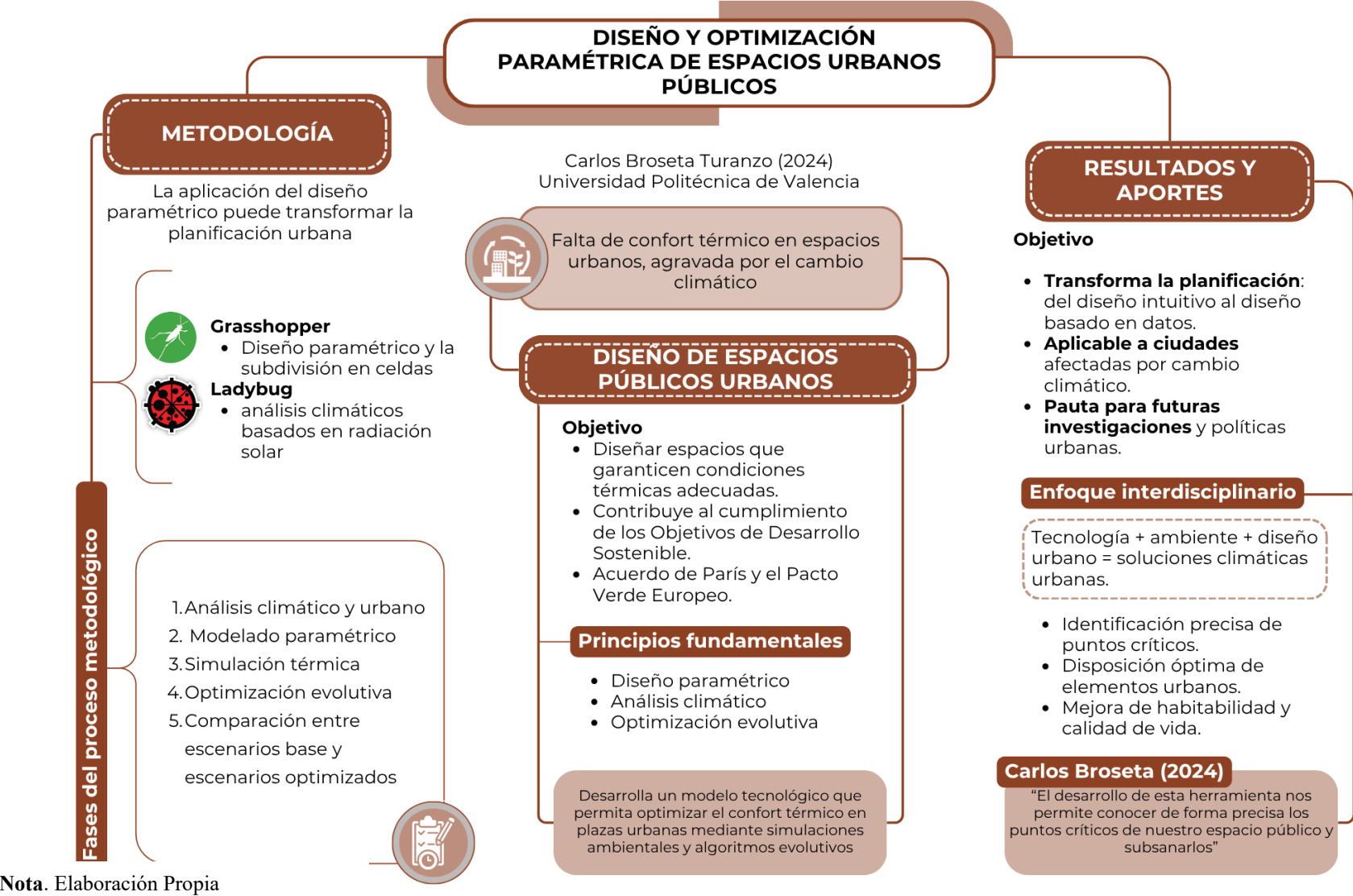
El desarrollo de esta herramienta nos permite conocer de forma precisa los puntos críticos de nuestro espacio público y subsanarlos, siempre acompañado de un buen diseño y criterio por parte del proyectista, y aunque presente ciertos aspectos de mejora, supone un paso hacia adelante en la búsqueda de espacios térmicamente óptimos para la ciudadanía (2024. p.48).

Este proceso es novedoso y abre paso a nuevas tendencias metodológicas, lo que lo convierte en una referencia valiosa para proyectos orientados a mejorar la habitabilidad en entornos urbanos afectados por el cambio climático. Además, se alinea con líneas investigativas actuales que buscan integrar tecnología, análisis ambiental y diseño urbano para optimizar la calidad del espacio público.

La importancia de diseñar espacios urbanos que promuevan el confort térmico no puede subestimarse. Las condiciones térmicas en entornos urbanos afectan directamente la calidad de vida de los ciudadanos, influenciando su salud, bienestar y el uso de los espacios públicos (Universitat Politècnica De València, 2014).

El estudio de Broseta se consolida como un modelo de repertorio relevante por su enfoque interdisciplinario y su capacidad para ofrecer soluciones adaptativas frente a los retos climáticos. Su metodología, basada en herramientas paramétricas y algoritmos, constituye un aporte significativo para la planificación urbana sostenible y marca una pauta para futuras investigaciones orientadas a mejorar la habitabilidad en las ciudades

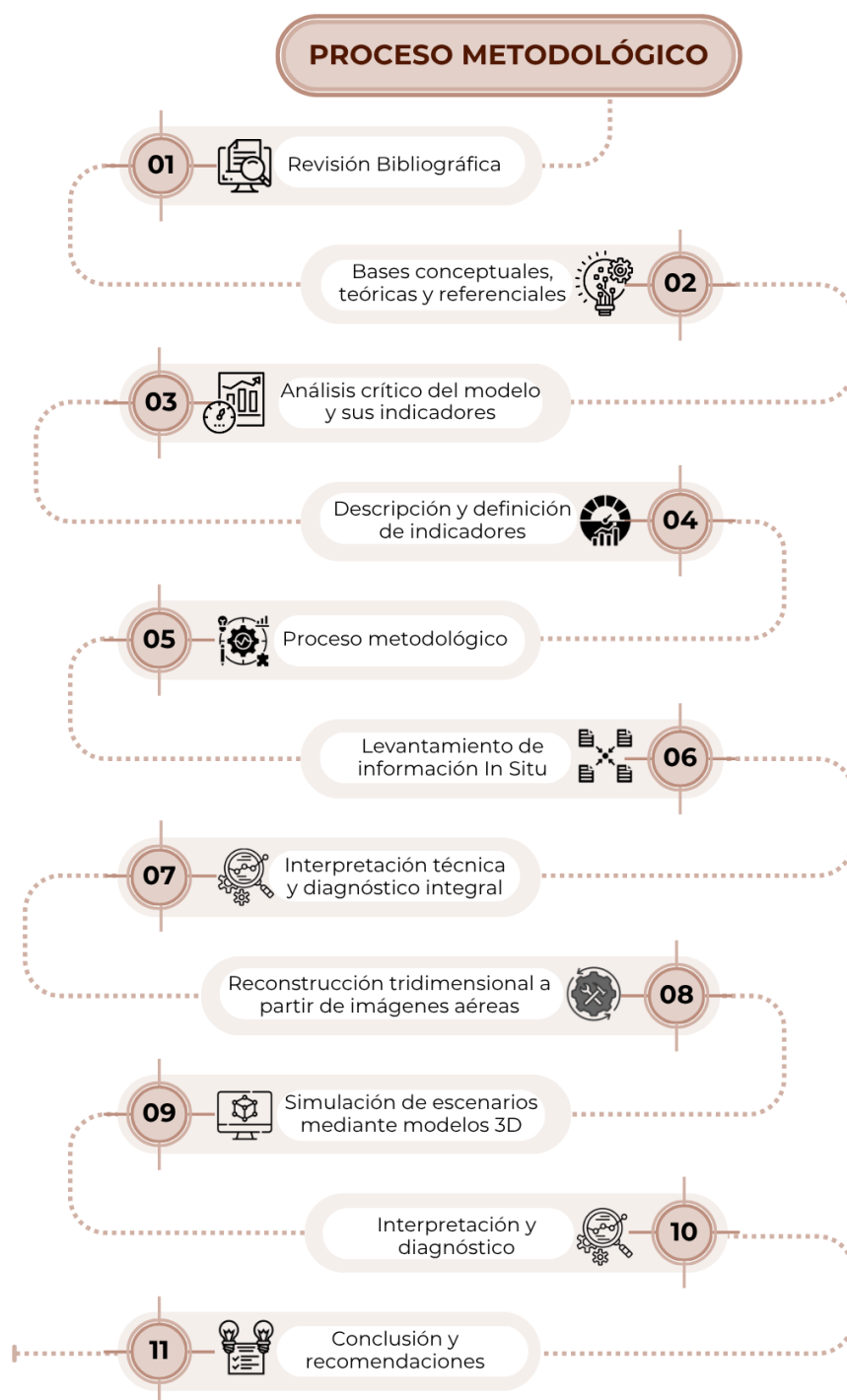
Figura 9
Modelo de repertorio



4 Capítulo II. Diseño Metodológico

Figura 10

Proceso metodológico



Nota. Esquema metodológico del proyecto; elaboración propia.

La investigación es de tipo exploratoria, ya que aborda el análisis paramétrico de sectores urbanos y el estudio bioclimático dentro de un campo que aún presenta escasos antecedentes sistematizados en el contexto urbano. Este carácter permite identificar variables clave, definir criterios de análisis y reconocer patrones espaciales asociados al comportamiento ambiental del tejido urbano, estableciendo una base sólida para la comprensión integral del fenómeno estudiado.

Además, se desarrolla como una investigación descriptiva, orientada a la caracterización detallada de los sectores urbanos analizados mediante herramientas paramétricas, permitiendo representar y evaluar sus condiciones morfológicas, climáticas y espaciales. Esta descripción estructurada contribuye a la elaboración de un diagnóstico fundamentado sobre el desempeño bioclimático del entorno urbano.

Se adopta un enfoque cuantitativo, al sustentarse en la recopilación, medición y análisis de datos obtenidos a partir de variables urbanas y bioclimáticas, así como de información recabada mediante encuestas.

Este planteamiento permite sistematizar la información y establecer comparaciones objetivas, trabajar con variables previamente definidas y resultados expresados en valores medibles, reduciendo la subjetividad asociada a interpretaciones basadas en percepciones individuales. De este modo, se garantiza un análisis riguroso, verificable que respalda los diagnósticos y conclusiones del estudio.

4.1 Métodos

4.1.1 Revisión Documental con Enfoque Analítico–Sintético

Se realizará una revisión documental de carácter analítico–sintético, orientada al análisis crítico de literatura científica y normativa urbana, con el fin de identificar y sistematizar conceptos y variables relevantes. Posteriormente, la información será integrada y estructurada para la definición de indicadores ambientales pertinentes y coherentes con las condiciones del contexto.

4.1.2 Modelo Digital para Diagnóstico Bioclimático Urbano

Esta fase se desarrollará mediante el uso de herramientas de parametrización, simulación ambiental y análisis geoespacial, con el propósito de representar las condiciones morfológicas del área de estudio y evaluar su comportamiento bioclimático parcial. Asimismo, permitirá identificar problemáticas y oportunidades ambientales presentes en la

morfología urbana existente, aportando información para la comprensión de la relación entre la configuración urbana y el desempeño ambiental.

El proceso se iniciará con el procesamiento fotogramétrico del área de estudio mediante Agisoft Metashape 2.3.1, software con el cual se generarán la ortofoto y el Modelo Digital de Elevación (MDE). Estos productos constituirán la base cartográfica para el desarrollo de los análisis posteriores y permitirán obtener una representación precisa de las características físicas del territorio.

Posteriormente, la información generada será incorporada en QGIS 3.44.3, donde se realizará la digitalización y delimitación de los elementos urbanos requeridos para la investigación. Una vez estructurada la información espacial, se utilizará ArcGIS Pro 3.4.3 para la organización, análisis y representación geoespacial de los datos obtenidos, facilitando la preparación de los insumos necesarios para la modelación urbana.

La información vectorial resultante será exportada en formato DWG para su posterior integración en Rhinoceros 8 y su entorno de programación visual Grasshopper, donde se desarrollará el modelo tridimensional del área de estudio y se parametrizarán las variables morfológicas asociadas a la forma y orientación de las manzanas urbanas.

Para la evaluación bioclimática se empleará Ladybug Tools 1.8.0, integrado por los complementos Ladybug 1.8.0, Honeybee 1.8.0 y Dragonfly 1.8.0, ejecutados dentro del entorno Grasshopper. Las simulaciones se alimentarán mediante archivos climáticos EPW (EnergyPlus Weather) obtenidos de la plataforma Clima.UnEdificio.org, los cuales contienen información meteorológica horaria relacionada con variables como temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento.

Finalmente, mediante la integración de los motores de simulación EnergyPlus y OpenStudio, se evaluará el comportamiento bioclimático del área de estudio. Los resultados permitirán identificar relaciones entre las variables morfológicas urbanas y los indicadores bioclimáticos analizados, así como reconocer patrones de desempeño ambiental que contribuirán a la elaboración del diagnóstico urbano y al desarrollo de lineamientos para la planificación urbana sostenible.

4.1.3 Análisis Comparativo de Resultados

Para la comparación de los resultados del diagnóstico bioclimático parcial urbano, se desarrollará un análisis comparativo que examine las variaciones observadas entre los

escenarios simulados. Este proceso permitirá identificar patrones de comportamiento ambiental, establecer relaciones entre la forma urbana y el desempeño bioclimático, y determinar la incidencia de las variables morfológicas sobre los indicadores ambientales analizados. Los resultados obtenidos contribuirán a la comprensión de las condiciones bioclimáticas del área de estudio y servirán de base para la elaboración del diagnóstico urbano.

4.1.4 Síntesis Metodológica y Formulación Técnica

La presente fase corresponderá a la integración y sistematización de los hallazgos obtenidos en la revisión documental, la modelación paramétrica y el análisis comparativo de resultados. A partir del diagnóstico urbano elaborado, se realizará una interpretación integral del comportamiento bioclimático del área de estudio, consolidando los principales hallazgos derivados de la investigación.

Posteriormente, se desarrollará una síntesis técnica orientada a organizar y estructurar la información obtenida, con el fin de identificar criterios relevantes para la comprensión del desempeño ambiental urbano. Esta fase permitirá consolidar lineamientos fundamentados en la evidencia generada durante el proceso de análisis paramétrico y simulación bioclimática, contribuyendo al fortalecimiento del conocimiento sobre la relación entre morfología urbana y desempeño ambiental en el contexto estudiado.

4.2 Técnicas e Instrumentos

La investigación se estructura a partir de una metodología organizada en cuatro fases, correspondientes a los objetivos específicos planteados. Cada fase integra técnicas de análisis y herramientas específicas que permiten avanzar de manera progresiva a través de una secuencia que garantiza coherencia una investigativa.

4.2.1 Revisión Documental con Enfoque Analítico–Sintético

- Análisis documental de fuentes académicas (Libros especializados en urbanismo, diseño paramétrico y sostenibilidad.)
- Lectura crítica y comparativa de teorías, metodologías y casos de estudio (Word, Zotero)
- Síntesis conceptual para la identificación de variables y criterios relevantes (Photoshop + Canva)

4.2.2 *Modelo Digital para Diagnóstico Bioclimático Urbano*

- Análisis urbano-paramétrico (Rhino 8 + Grasshopper)
- Modelación digital y simulación ambiental (Ladybug 1.8.0 + Honeybee 1.8.0 + Dragonfly 1.8.0)
- Definición y jerarquización de variables urbanas. (ArcGIS Pro 3.4.3 + Qgis 3.44.3)

4.2.3 *Análisis Comparativo de Resultados*

- Comparación de escenarios urbanos simulados (Grasshopper + Ladybug 1.8.0 + Honeybee 1.8.0 + Dragonfly 1.8.0)
- Análisis estadístico y correlacional de indicadores ambientales (Ladybug 1.8.0 + Honeybee 1.8.0 + Dragonfly 1.8.0, Excel)
- Visualización comparativa de resultados y patrones espaciales (Grasshopper + ArcGIS Pro 3.4.3/ QGIS 3.44.3)

4.2.4 *Síntesis Metodológica y Formulación Técnica*

- Integración y sistematización de resultados (Photoshop + Canva)
- Validación conceptual de la metodología propuesta (Rhino 8 + Grasshopper)
- Representación gráfica y esquemática del proceso (Photoshop + Canva)

4.3 Fuentes

4.3.1 *Fuentes Primarias*

La información primaria se obtiene directamente del sitio de estudio y de los modelos elaborados para el análisis. Comprende levantamientos in situ mediante observación de la morfología urbana, registro fotográfico, mediciones básicas del espacio (proporciones, alturas y orientaciones) y toma de coordenadas geográficas, insumos necesarios para la construcción y validación de los modelos digitales que representan la configuración urbana existente.

Asimismo, se incorporan datos climáticos locales provenientes de fuentes oficiales, utilizados en las simulaciones ambientales. Los modelos paramétricos, las simulaciones bioclimáticas y los resultados del diagnóstico.

4.3.2 Fuentes Secundarias

Se constituyen por información previamente elaborada y publicada, destinada a complementar el análisis del sitio y sustentar los criterios metodológicos de la investigación. Estas incluyen literatura científica artículos, libros, tesis y conferencias vinculada a morfología urbana, confort térmico, diseño bioclimático y análisis paramétrico, así como bases de datos climáticas y urbanas existentes, entre ellas archivos meteorológicos EPW, atlas climáticos, inventarios urbanos y cartografía oficial.

Asimismo, se considerará normativa técnica y lineamientos urbanísticos de carácter nacional e internacional, que aportan criterios sobre sostenibilidad, densidad, asoleamiento y regulación de la forma urbana. Finalmente, se incorporan estudios previos de casos urbanos en contextos climáticos similares, los cuales servirán como referencia comparativa para contextualizar y reforzar el análisis bioclimático desarrollado mediante la modelación.

5 Capítulo III. Diagnóstico y Resultados de la Investigación

Esta fase tiene como propósito examinar la configuración urbana de los polígonos seleccionados, a partir de un levantamiento bidimensional orientado al análisis de sus características físicas y espaciales. Mediante el estudio de variables como la trama urbana, morfología, alturas, llenos y vacíos, áreas verdes y porcentajes de ocupación, se busca identificar las condiciones que estructuran cada sector y comprender la manera en que estos elementos influyen en la dinámica y comportamiento del entorno urbano.

Este primer proceso de diagnóstico permitirá establecer una base técnica y gráfica para la posterior proyección tridimensional de los escenarios urbanos, facilitando el desarrollo de análisis y simulaciones con distintos enfoques bioclimáticos.

5.1 Elaboración del Diagnóstico.

5.1.1 Polígono de Estudio 1 – Manta

Ubicado en la parroquia Manta, el polígono de estudio abarca una superficie total de 234.559,45 m², lo que corresponde a una extensión aproximada de 23,46 hectáreas.

Se compone de cuatro sectores anonimizados del Censo de Población y Vivienda 2021 (CPV 2021), seleccionados en función de la dinámica territorial del área y su relación con la ubicación geográfica costera, permitiendo una adecuada representación de las características del sector analizado.

Presenta una morfología urbana de carácter mixto, compuesta por una trama predominantemente abierta con sectores de mayor regularidad y consolidación.

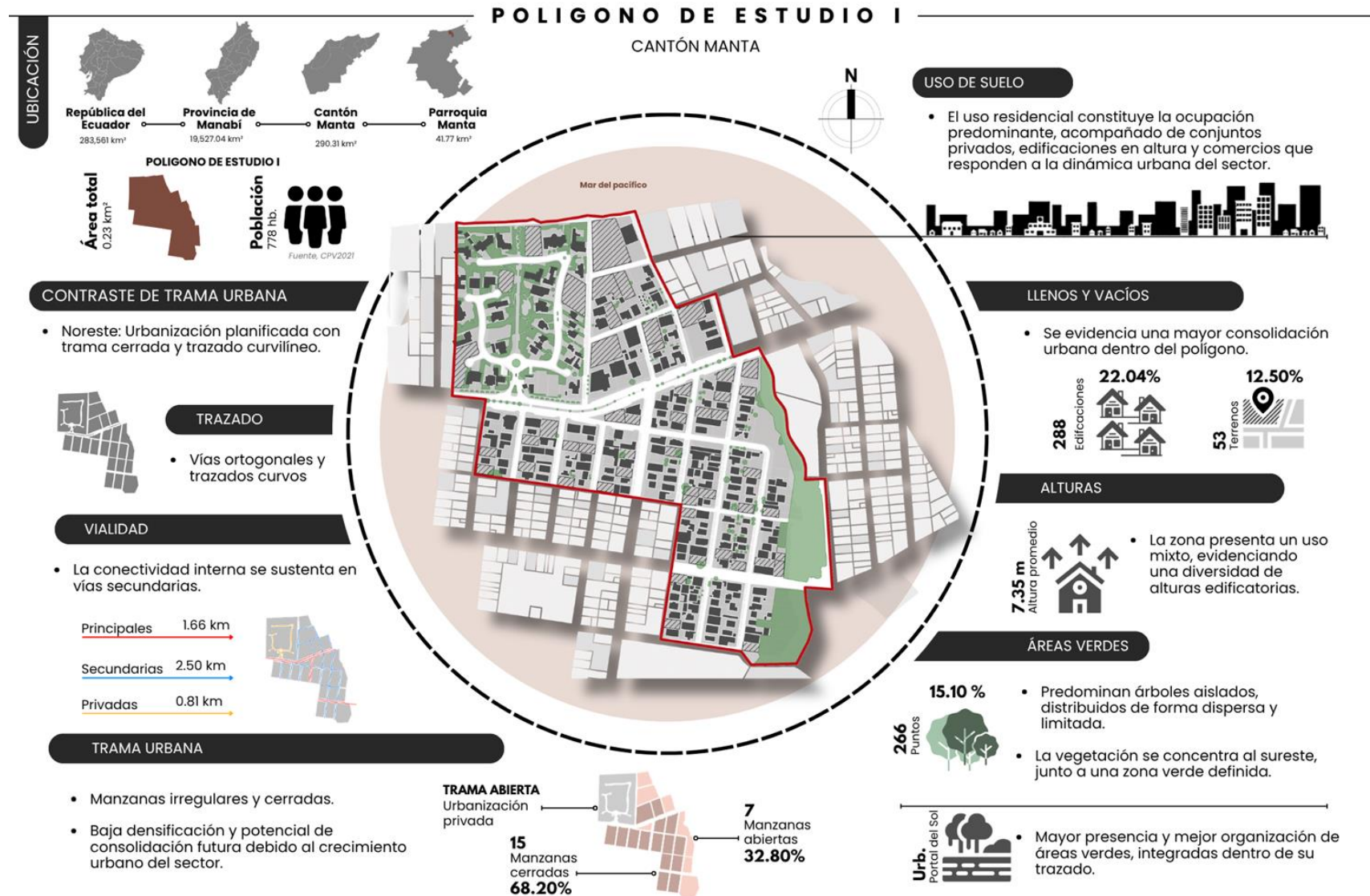
La estructura vial se organiza a partir de ejes longitudinales y transversales que conforman manzanas de geometría principalmente rectangular e irregular, evidenciando variaciones en su dimensión y orientación.

En la zona norte del polígono se identifica una urbanización planificada con una dinámica espacial diferenciada, caracterizada por una trama curvilínea, calles de menor continuidad y agrupación ordenada de edificaciones, en contraste con el resto del sector, donde predomina una retícula más ortogonal y permeable.

Las edificaciones presentan una implantación aislada dentro de los lotes, con alturas homogéneas y una ocupación discontinua que genera una relación notable entre llenos y vacíos urbanos. Asimismo, se observan vacíos residuales y áreas con menor consolidación hacia los bordes del polígono, principalmente asociados a superficies sin edificar y áreas de transición próximas al perfil costero.

Figura 11

Diagnostico poligono de estudio I



Análisis Paramétrico de Sectores Urbanos con Enfoque Bioclimático

Nota. Elaboración propia.

5.1.2 Polígono de Estudio 2 – Montecristi

Ubicado en la parroquia Montecristi, cantón Montecristi, el polígono de estudio abarca una superficie total de 130022.60 m², equivalente a aproximadamente 13 hectáreas.

Se compone de cuatro sectores anonimizados del Censo de Población y Vivienda 2021 (CPV 2021), seleccionado por su representatividad dentro del contexto urbano del cantón, por las características espaciales propias de un entorno urbano consolidado y por su relevancia histórica, al constituir un área que refleja el proceso de desarrollo y consolidación urbana de Montecristi.

Presenta una morfología urbana consolidada, caracterizada por un tejido compacto donde predominan las manzanas cerradas, favoreciendo la continuidad del espacio construido y una clara definición de la estructura urbana.

La red vial se organiza a partir de un eje principal que articula la movilidad del sector, complementado por una red de vías secundarias de trazado irregular que proporcionan acceso a las áreas residenciales y comerciales, conformando una estructura jerarquizada.

El uso del suelo es predominantemente mixto, integrando actividades residenciales y comerciales, especialmente a lo largo de las vías de mayor jerarquía, lo que genera una dinámica urbana activa y una interacción constante entre ambas funciones.

Las edificaciones presentan una implantación continua y corresponden principalmente a construcciones de baja altura, configurando un perfil urbano homogéneo.

La elevada ocupación del suelo evidencia un tejido consolidado con escasa presencia de espacios libres, mientras que las áreas verdes se distribuyen de forma dispersa, predominando elementos arbóreos aislados sobre espacios verdes continuos. Asimismo, los espacios públicos se concentran en puntos específicos del polígono, con una influencia localizada dentro de la estructura urbana.

Figura 12

Diagnostico poligono de estudio II



Análisis Paramétrico de Sectores Urbanos con Enfoque Bioclimático

Nota. Elaboración propia.

5.1.3 Polígono de Estudio 3 – Portoviejo

Se ubica en el Cantón Portoviejo, dentro de las parroquias Francisco Pacheco, Andrés de Vera y Portoviejo. Con una extensión de 534.707,04 m², equivalente a 53.47 hectáreas.

El polígono de estudio corresponde a nueve sectores anonimizados del Censo de Población y Vivienda 2021 (CPV 2021), seleccionado por su representatividad dentro del contexto urbano del cantón y por integrar un área de importancia ambiental y recreativa que influye en la configuración espacial y funcional del entorno.

Exhibe una estructura urbana consolidada, compuesta principalmente por manzanas de configuración cerrada que conforman un tejido continuo, con frentes urbanos definidos y un elevado grado de consolidación física.

La estructura vial se organiza a partir de una red jerarquizada en la que las vías principales articulan el conjunto del polígono y conectan los distintos sectores, mientras que las vías secundarias y terciarias complementan la accesibilidad interna, dando lugar a una configuración irregular adaptada a la disposición del tejido urbano.

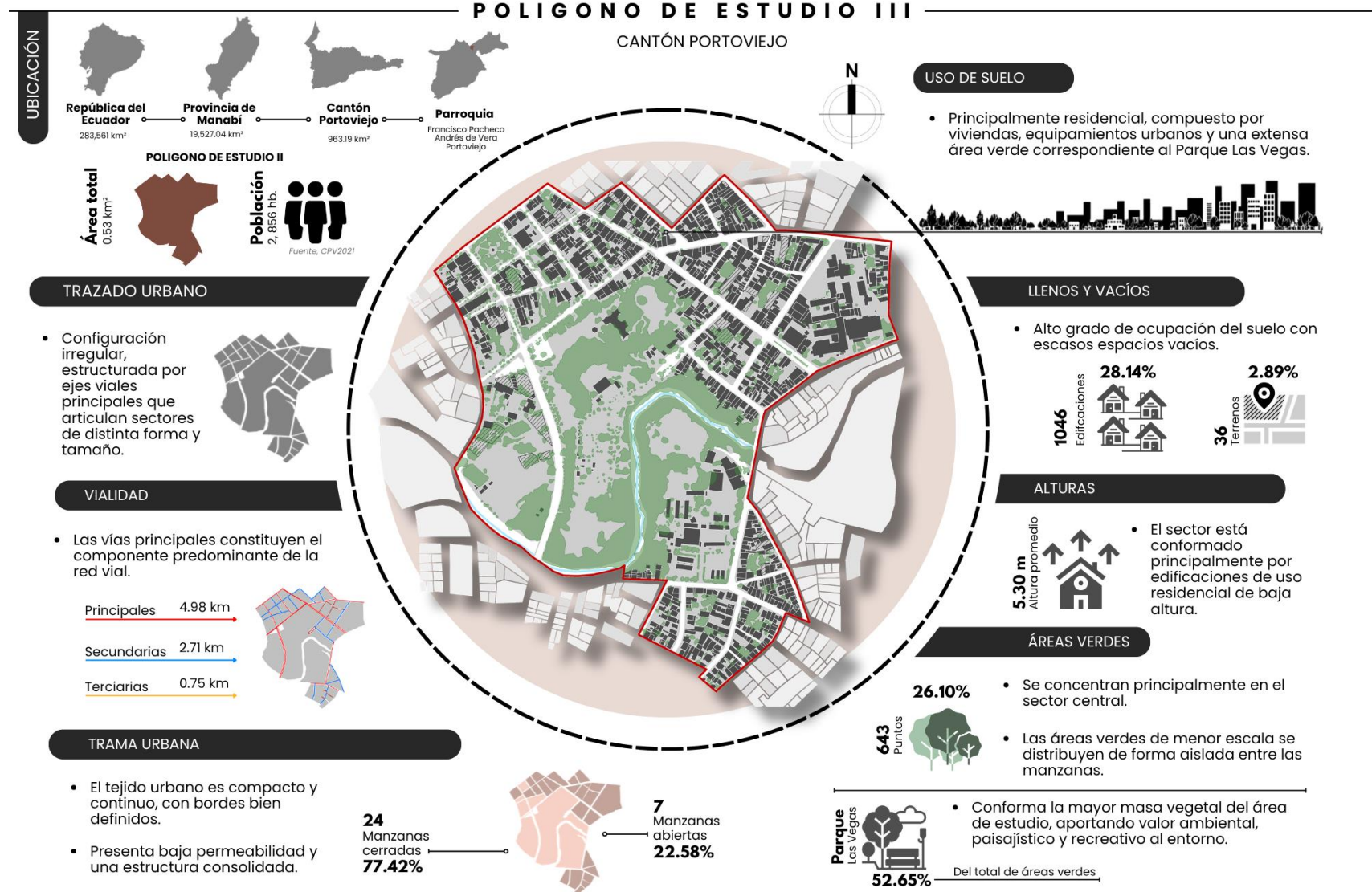
El uso del suelo es predominantemente residencial, complementado por equipamientos urbanos y una importante área verde central que estructura la organización espacial del sector, favoreciendo la coexistencia de funciones habitacionales, recreativas y de esparcimiento.

Las edificaciones presentan una implantación continua y corresponden principalmente a construcciones residenciales de baja altura, configurando un perfil urbano homogéneo y un tejido con alta ocupación del suelo.

La presencia del parque central constituye el principal vacío urbano estructurante, alrededor del cual se distribuyen las áreas verdes de menor escala de manera dispersa entre las manzanas, aportando valor ambiental, paisajístico y funcional al conjunto del polígono.

Figura 13

Diagnóstico polígono de estudio III



Análisis Paramétrico de Sectores Urbanos con Enfoque Bioclimático

Nota. Elaboración propia.

5.2 Presentación de Resultados y Discusión.

La presentación de resultados se estructura a partir de los polígonos de estudio seleccionados en los cantones de Manta, Montecristi y Portoviejo. Para cada uno de ellos se desarrolló un modelo tridimensional digital, el cual sirvió como base para la aplicación de una metodología de análisis paramétrico con enfoque bioclimático.

Al tratarse de un análisis bioclimático parcial, es importante precisar que la recolección de datos, el levantamiento bidimensional y la construcción del modelo tridimensional constituyen la base metodológica para el desarrollo de un análisis bioclimático integral. En este estudio, la evaluación se centra específicamente en tres variables bioclimáticas interrelacionadas: Horas solares, radiación solar y consumo energético.

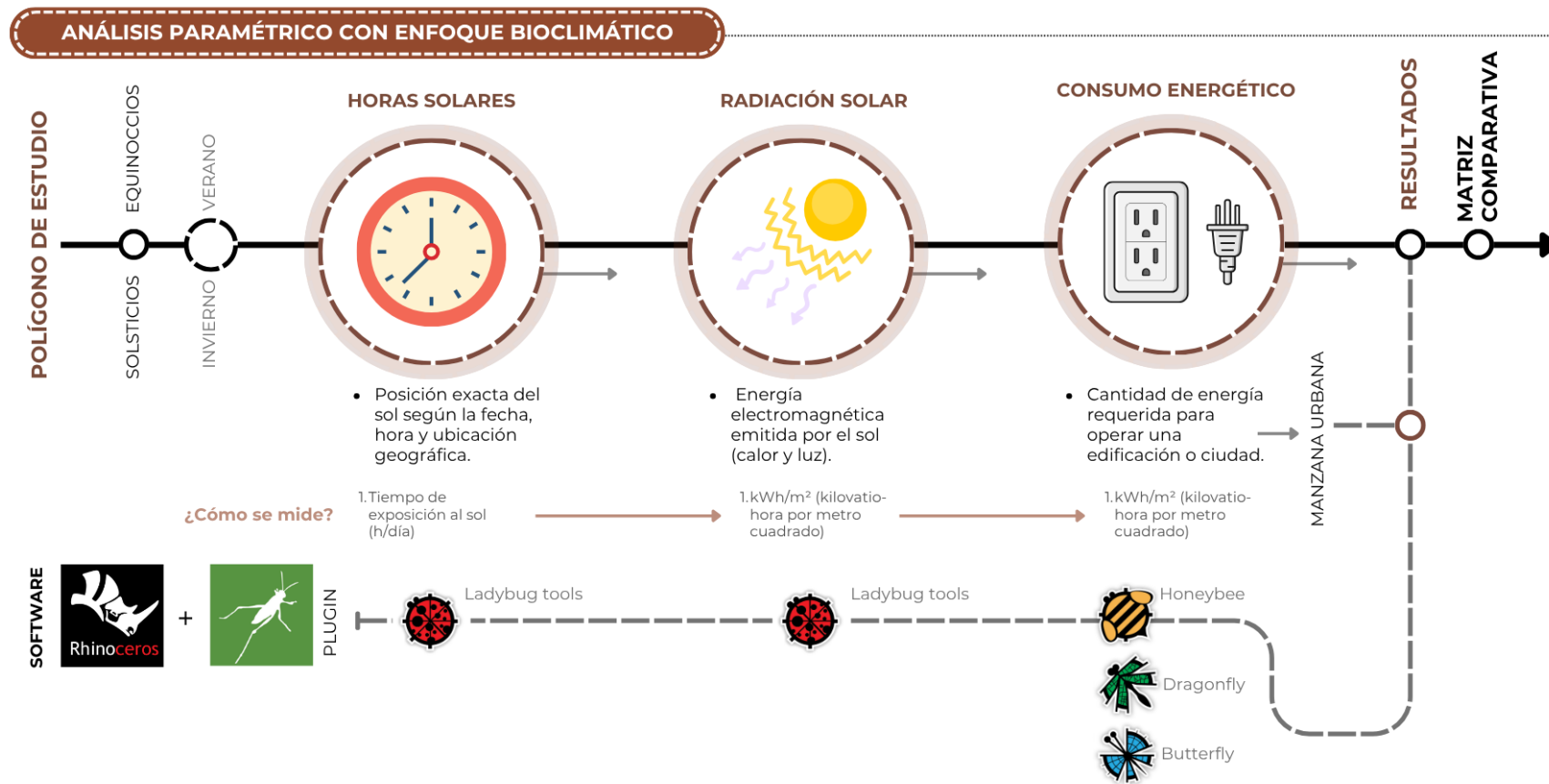
Con el fin de evaluar el comportamiento bioclimático de los polígonos urbanos a lo largo del año, el análisis se dividió en cuatro escenarios estacionales delimitados por los equinoccios y solsticios. Cada escenario representa un periodo con condiciones particulares de trayectoria solar e incidencia de la radiación, permitiendo identificar las variaciones en las horas de exposición solar, la radiación incidente y el consumo energético asociado.

Los resultados se presentan de manera secuencial, siguiendo el orden de las variables analizadas. Cada evaluación se definió mediante parámetros configurados en Rhino y Grasshopper, con el apoyo de complementos (plugins) especializados para la obtención de los indicadores de desempeño correspondientes.

Finalmente, los valores obtenidos en las unidades de medida propias de cada proceso paramétrico se integran en una matriz comparativa, lo que facilita la identificación de patrones y diferencias entre los polígonos de estudio. Esta organización proporciona una base objetiva para la discusión de los resultados y la formulación de las conclusiones y recomendaciones.

Figura 14

Esquema de resultados y discusiones.



Nota. Elaboración propia.

5.2.1 *Análisis Según Escenarios Estacionales Representativos*

La consideración de los equinoccios y solsticios dentro del análisis bioclimático es fundamental porque permiten establecer los escenarios extremos y de equilibrio del comportamiento solar a lo largo del año. A partir de estos referentes se logra una comprensión más precisa y completa de las variaciones climáticas en la realidad urbana.

A continuación, se presentan los solsticios y equinoccios, acompañados de sus respectivos gráficos, con el fin de evidenciar cómo cada uno influye en el comportamiento del asoleamiento dentro de las áreas de estudio.

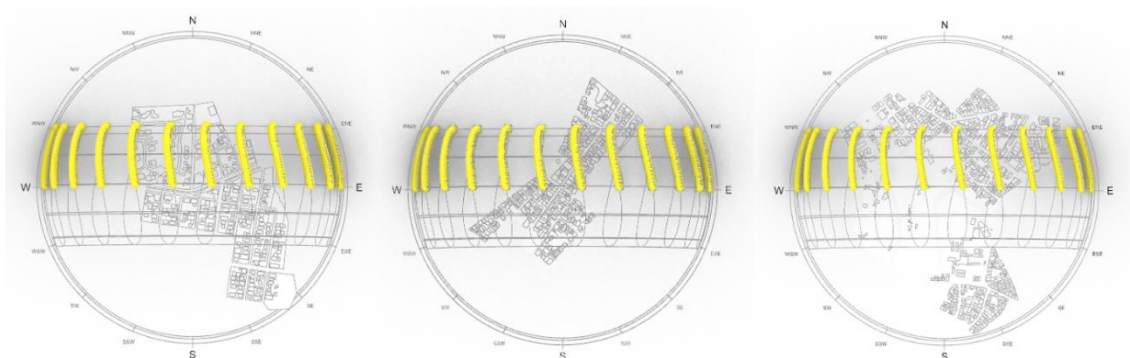
5.2.1.1 **Equinoccio de Marzo (Desde 21/03 6:00 Hasta 20/06 18:00).**

Marca el inicio del desplazamiento gradual del Sol hacia el norte y se caracteriza por presentar una duración prácticamente equilibrada entre el día y la noche. A partir de este momento, la trayectoria solar comienza a modificar progresivamente su posición, alcanzando cada día una mayor inclinación hacia el norte.

En este sentido, este período constituye una etapa de transición dentro del movimiento aparente anual del Sol, donde su recorrido diario experimenta variaciones continuas que influyen en la incidencia solar y en la proyección de sombras.

Figura 15

Incidencia del equinoccio de marzo en polígonos de estudio.



Nota. Elaboración propia.

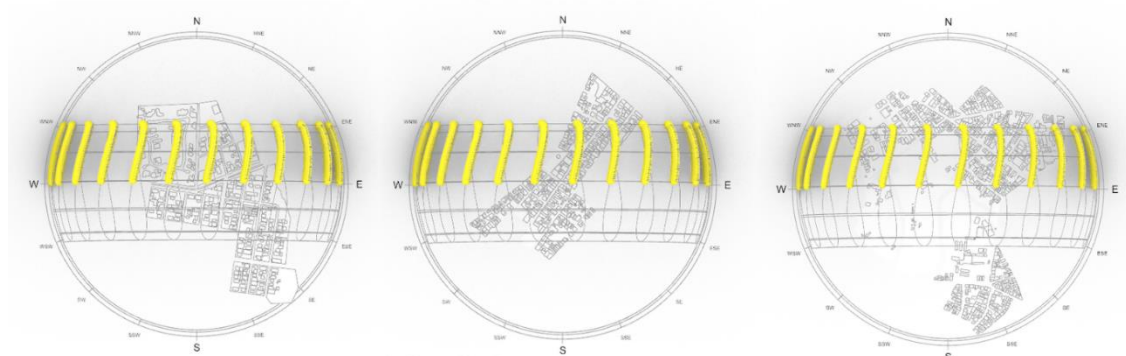
5.2.1.2 Solsticio de junio - (Desde 21/06 6:00 Hasta 20/09 18:00).

Corresponde al momento en que el Sol alcanza su máxima declinación hacia el norte dentro de su recorrido aparente anual, dando inicio a un período en el que su trayectoria diaria se mantiene más próxima a dicho hemisferio. Esta condición determina una mayor altura solar durante el día y una incidencia más directa de la radiación solar, configurando una de las posiciones extremas que el Sol alcanza a lo largo del año.

Constituye un punto de cambio dentro del ciclo solar anual, ya que a partir de esta fecha el desplazamiento aparente del Sol invierte gradualmente su dirección y comienza su retorno hacia el sur. Como consecuencia, la altura solar y los ángulos de incidencia de la radiación experimentan variaciones progresivas, modificando de manera continua el comportamiento de la iluminación natural y la proyección de sombras sobre el entorno.

Figura 16

Incidencia del solsticio de junio en polígonos de estudio.



Nota. Elaboración propia.

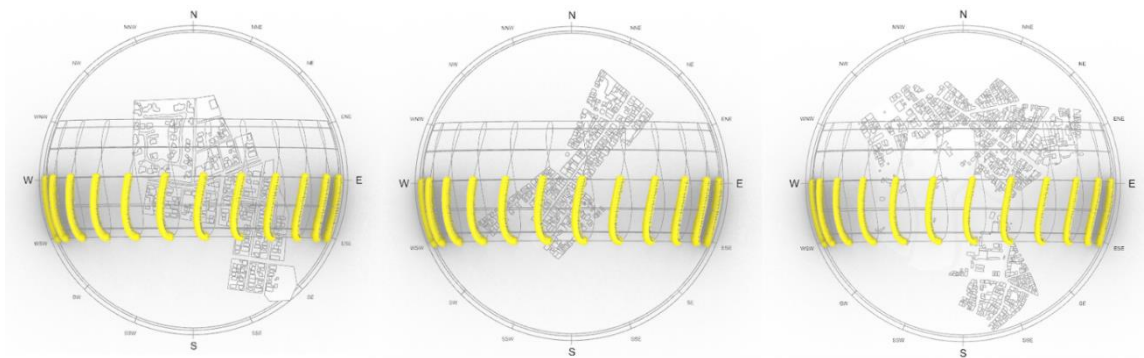
5.2.1.3 Equinoccio de Septiembre (Desde 21/09 6:00 Hasta 20/12 8:00).

Marca el momento en que el recorrido aparente del Sol alcanza una condición intermedia entre sus posiciones extremas del año, caracterizándose por presentar una duración prácticamente equilibrada entre el día y la noche. A partir de esta fecha, la trayectoria solar continúa desplazándose gradualmente hacia el sur, modificando de manera progresiva su posición diaria.

En este sentido, el equinoccio de septiembre constituye una etapa de transición dentro del movimiento aparente anual del Sol, donde su recorrido diario experimenta variaciones continuas que influyen en la incidencia solar y en la proyección de sombras. Este desplazamiento constante hacia el sur se mantiene hasta alcanzar su posición más extrema durante el solsticio de diciembre.

Figura 17

Incidencia del equinoccio de septiembre en polígonos de estudio.



Nota. Elaboración propia.

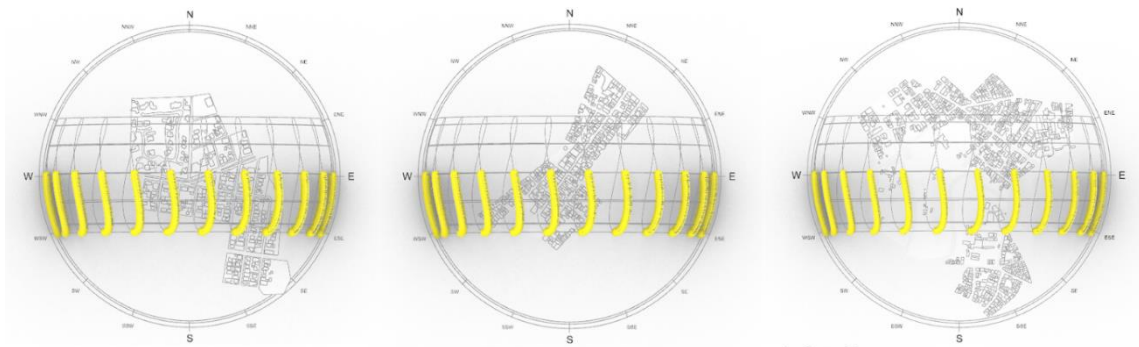
5.2.1.4 Solsticio de Diciembre (desde 21/12 6:00 Hasta 20/03 8:00).

Corresponde al momento en que el Sol alcanza su posición más extrema hacia el sur dentro de su recorrido aparente anual, constituyendo uno de los puntos límite de su trayectoria. Durante este período, el recorrido solar se ubica más al sur que en cualquier otra época del año, generando variaciones significativas en los ángulos de incidencia de la radiación solar a lo largo del día.

Representa un punto de transición dentro del movimiento aparente anual del Sol, ya que a partir de esta fecha comienza gradualmente su desplazamiento de regreso hacia el norte. Como consecuencia, su trayectoria diaria experimenta cambios continuos que influyen en la iluminación natural y en la proyección de sombras, iniciando un nuevo ciclo dentro del recorrido solar anual.

Figura 18

Incidencia del solsticio de diciembre en polígonos de estudio.



Nota. Elaboración propia.

5.2.2 Estimación del Consumo Energético a Partir del Análisis Bioclimático.

A partir de los resultados obtenidos, se seleccionó una manzana representativa de cada polígono de estudio para la aplicación del análisis de consumo energético mediante parametrización en Grasshopper, con las herramientas, dragonfly, honeybee y ladybug permitiendo evaluar el comportamiento energético en un contexto urbano representativo de cada caso de estudio.

La integración de las variables de horas de exposición y radiación solar permite estimar el potencial de captación energética de cada manzana y establecer una aproximación al consumo energético anual asociado a las condiciones climáticas propias de cada polígono. Esta metodología no solo facilita la comprensión de las diferencias en el comportamiento bioclimático entre los casos de estudio, sino que también proporciona una base objetiva para identificar tendencias de demanda energética vinculadas a la exposición solar.

Los resultados obtenidos constituyen un insumo para comprender la realidad bioclimática de los entornos urbanos analizados y sirven como fundamento para el planteamiento de estrategias y propuestas de diseño urbano y arquitectónico orientadas a mejorar el desempeño energético, optimizar las condiciones de confort ambiental y fortalecer la adaptación de las ciudades ecuatorianas a sus características climáticas en las etapas posteriores de la investigación.

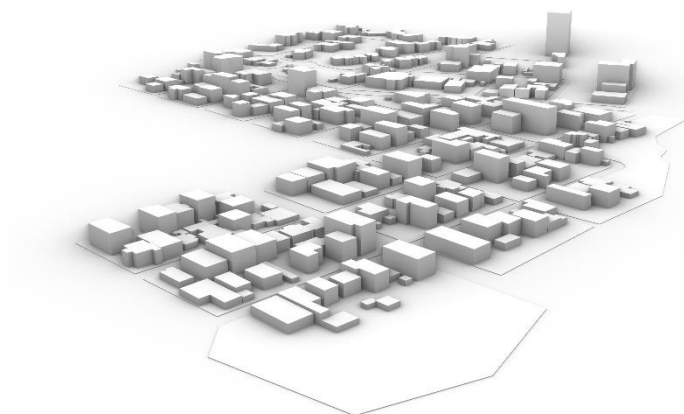
5.2.3 *Polígono de Estudio 1 -Manta*

El modelo digital tridimensional está conformado por 288 edificaciones, levantadas a partir de información cartográfica obtenida en QGIS y ArcGIS, complementada con un ortomosaico generados para la investigación. Cada elemento fue modelado y georreferenciado, conservando su ubicación real dentro del tejido urbano para garantizar la correspondencia espacial con el área de estudio.

La representación incorpora las alturas de las edificaciones, la configuración de las manzanas, la red vial y las dimensiones de las aceras, reproduciendo con fidelidad las condiciones físicas existentes. Esta precisión geométrica permite disponer de una base digital confiable para el desarrollo de las simulaciones y evaluaciones posteriores, asegurando que el modelo represente de manera consistente la realidad urbana del sector.

Figura 19

Modelo digital de polígono de estudio en Manta



Nota. Elaboración propia.

5.2.3.1 Horas Solares.

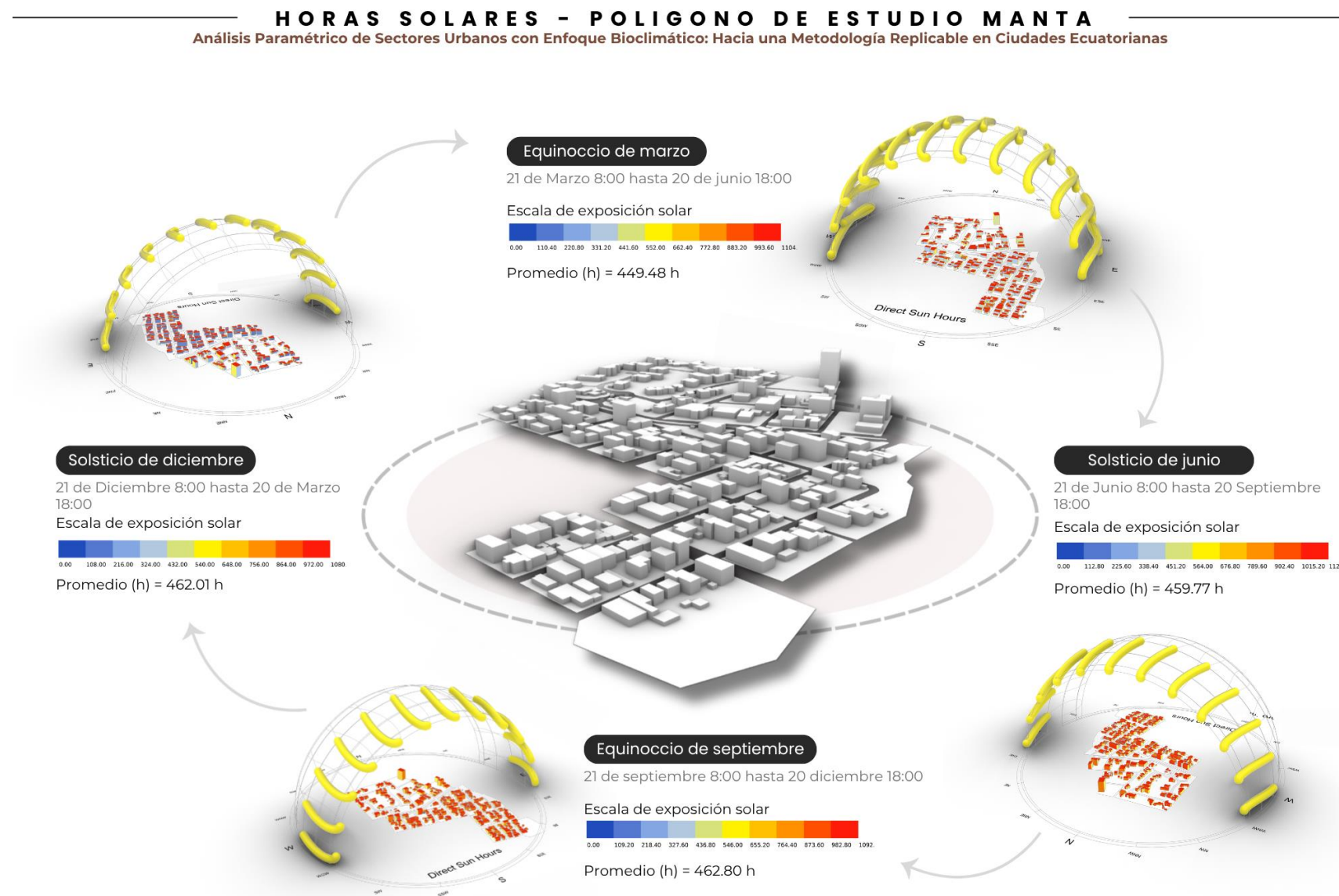
El análisis de horas solares evalúa la cantidad de horas de exposición solar directa acumuladas sobre las superficies del polígono de estudio durante los períodos estacionales definidos entre equinoccios y solsticios consecutivos. Los resultados muestran una disponibilidad solar elevada sobre el tejido urbano, con valores promedio comprendidos entre 449.48h y 462.80h, evidenciando una exposición relativamente constante a lo largo del año.

La distribución de las horas solares presenta variaciones asociadas principalmente a la orientación de las edificaciones y al sombreado generado por el entorno construido. Mientras las cubiertas concentran los mayores niveles de exposición solar, las fachadas muestran diferencias en la acumulación de horas solares según su orientación, reflejando la influencia de la trayectoria solar sobre el comportamiento del conjunto urbano.

Las diferencias observadas entre los períodos analizados permiten identificar cambios en la orientación de las superficies más favorecidas por la incidencia solar. Mientras algunas fachadas incrementan su exposición solar en determinados escenarios, otras reducen la acumulación de horas solares debido a la variación estacional de la trayectoria solar. Esto evidencia la influencia conjunta de la orientación, la morfología urbana y las obstrucciones generadas por las edificaciones sobre la distribución de la exposición solar dentro del polígono de estudio.

Figura 20

Horas solares - Manta



Nota. Elaboración propia.

5.2.3.2 Radiación Solar.

El análisis de radiación solar evalúa la cantidad de energía solar incidente acumulada sobre las superficies edificadas del polígono de estudio durante los períodos estacionales comprendidos entre equinoccios y solsticios consecutivos.

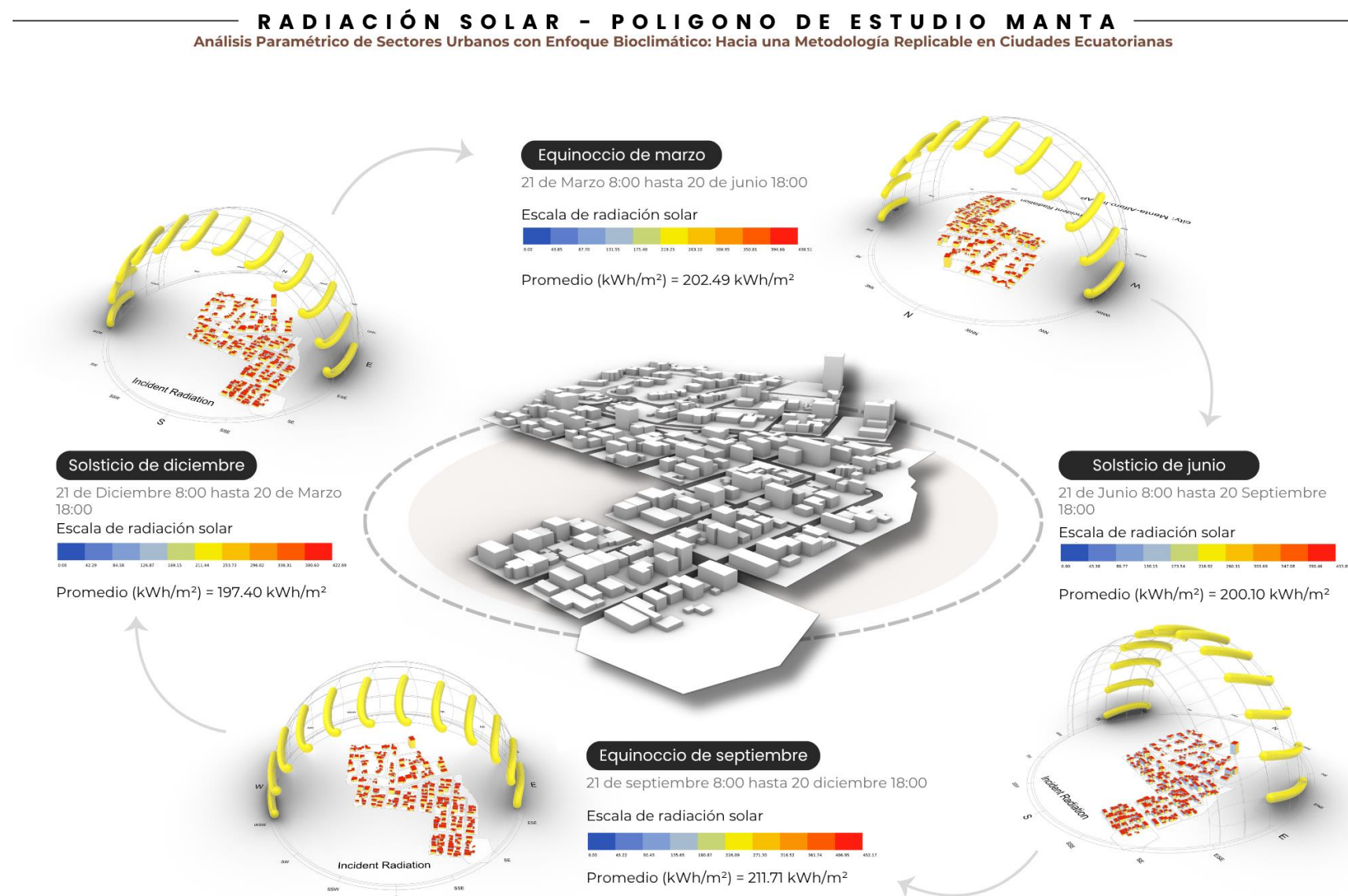
Los resultados obtenidos registran valores promedio entre 197.40 kWh/m² y 211.71 kWh/m², evidenciando una disponibilidad energética relativamente estable a lo largo del año. En todos los escenarios, las cubiertas concentran los mayores niveles de radiación debido a su mayor exposición a la incidencia solar directa.

Las variaciones estacionales se reflejan principalmente en la distribución de la energía sobre las fachadas. Durante los escenarios correspondientes al equinoccio de marzo y al solsticio de junio, las fachadas orientadas al norte reciben mayores niveles de radiación incidente. En junio, además, se observa una mayor concentración de energía sobre superficies horizontales, reduciéndose la captación energética en las fachadas respecto al escenario anterior.

Por su parte, los escenarios del equinoccio de septiembre y el solsticio de diciembre evidencian un cambio en la distribución de la radiación solar, favoreciendo a las fachadas orientadas al sur. Septiembre registra los mayores niveles energéticos del análisis, con una distribución más homogénea de la energía incidente sobre el conjunto urbano, mientras que en diciembre se observa con una reducción de los niveles energéticos acumulados respecto a los demás escenarios.

Figura 21

Radiación solar - Manta



Nota. Elaboración propia.

5.2.3.3 Estimación del Consumo Energético Anual.

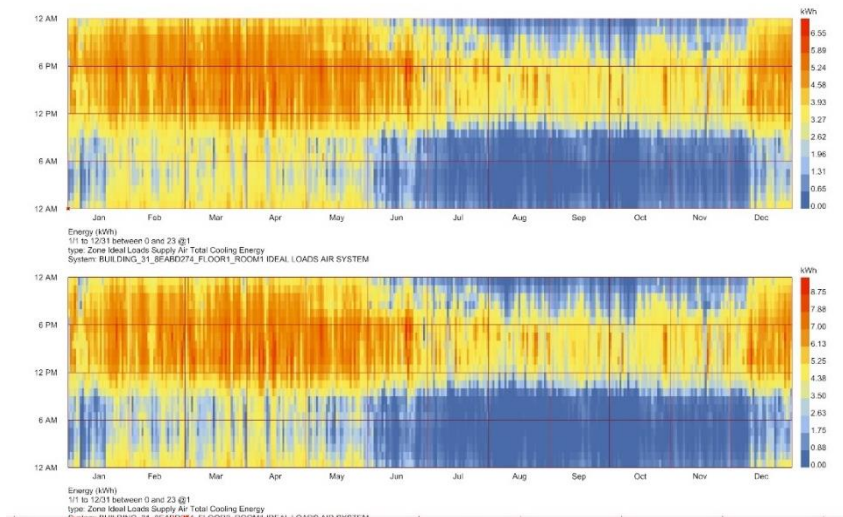
Evidencia una demanda total de 63.911 kWh/año, con una distribución claramente dominada por los requerimientos de refrigeración, que representan el 73,70 % del consumo total. En menor proporción, el consumo asociado a equipos interiores corresponde al 23,31 %, mientras que la iluminación interior alcanza únicamente el 2,99 %.

En términos de intensidad energética, la manzana registra un consumo aproximado de 164,93 kWh/m²·año, predominando nuevamente la energía destinada al enfriamiento. Asimismo, la distribución temporal de la demanda muestra un incremento del consumo entre enero y abril, asociado a mayores condiciones de calor, seguido de una reducción entre junio y septiembre, cuando las condiciones climáticas son relativamente más favorables.

Hacia los meses de noviembre y diciembre se observa un nuevo incremento de la demanda energética, evidenciando la influencia de las variaciones climáticas estacionales sobre el comportamiento energético de las edificaciones del polígono de estudio.

Figura 22

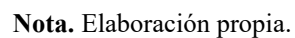
Mapa de calor del consumo energético anual del polígono de estudio en Manta.



Nota. Elaboración propia.

Se presentan dos mapas de calor que permiten comparar el comportamiento térmico entre niveles altos y bajos. Las diferencias observadas evidencian la influencia de la altura en las cargas de enfriamiento, ya que los espacios de niveles superiores suelen estar más expuestos a la radiación solar y a las ganancias de calor provenientes de la cubierta.

Análisis del consumo energético anual del polígono de estudio en Manta.



5.2.1 Polígono de Estudio 2 – Montecristi

El modelo digital tridimensional del polígono de estudio de Montecristi está integrado por 548 edificaciones distribuidas en 18 manzanas, representadas a partir de información cartográfica procesada mediante herramientas SIG y complementada con un ortomosaico elaborado para la investigación. La reconstrucción digital permitió reproducir con precisión la configuración urbana existente, respetando la localización y geometría de cada elemento dentro del área de estudio.

Cuenta con las alturas de las edificaciones, la estructura de las manzanas, la red vial y las dimensiones de las aceras, generando una representación espacial consistente con las condiciones reales del entorno. Este nivel de detalle proporciona una base confiable para el desarrollo de las simulaciones, garantizando que los análisis realizados reflejen de manera objetiva el comportamiento del sector frente a las variables ambientales evaluadas.

Con el fin de representar las condiciones ambientales reales del sector, el modelo fue configurado con un archivo climático en formato EPW correspondiente al área de estudio, permitiendo que las simulaciones se desarrollen a partir de información meteorológica representativa del sitio.

Figura 24

Modelo digital de polígono de estudio en Montecristi



Nota. Elaboración propia.

5.2.1.1 Horas Solares.

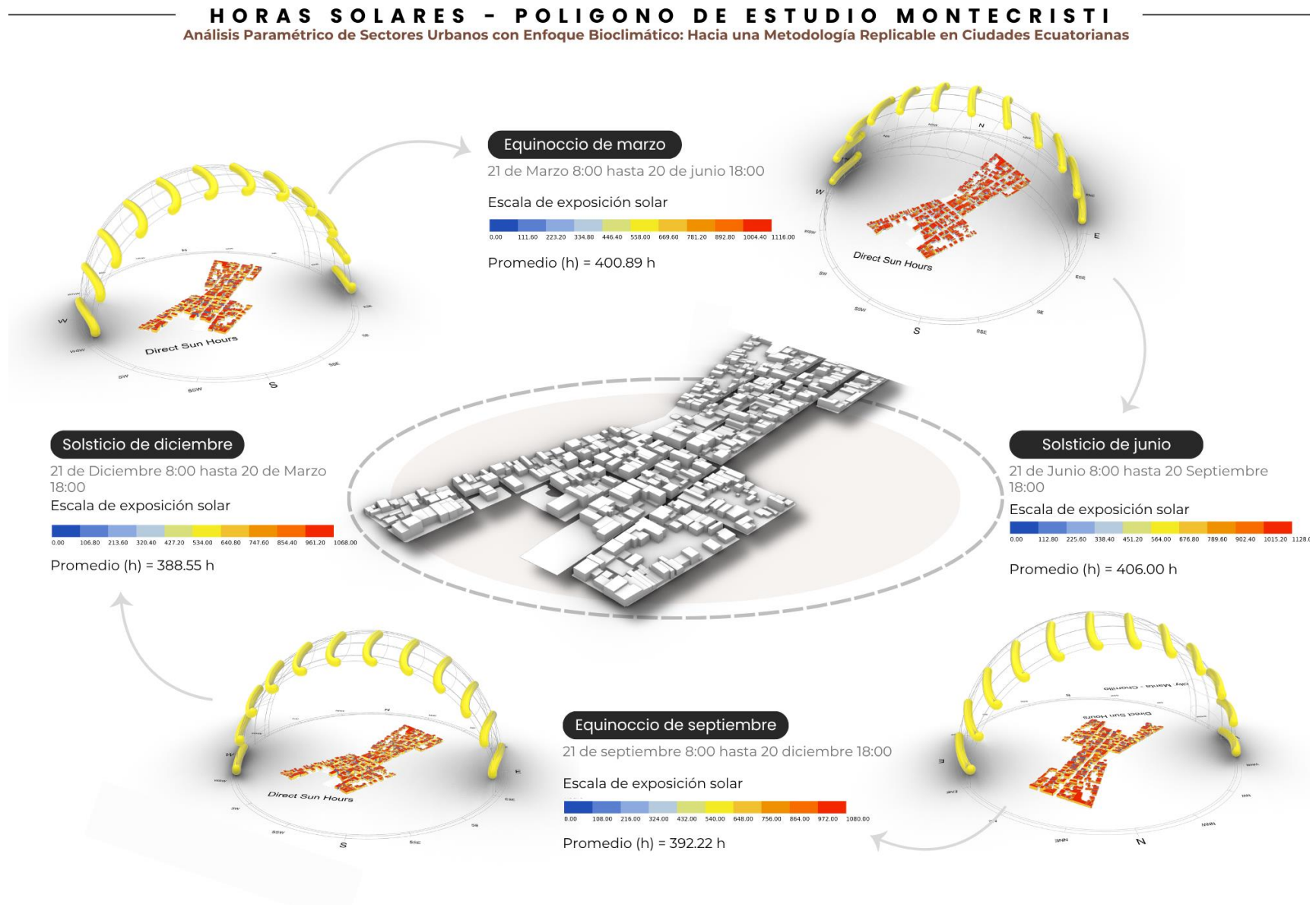
Los resultados obtenidos muestran valores promedio entre 388.55 h y 406.00 h, evidenciando una disponibilidad solar relativamente constante a lo largo del año. La distribución de las horas solares está condicionada por la orientación de las edificaciones y las sombras proyectadas por el entorno construido.

Durante los escenarios correspondientes al equinoccio de marzo y al solsticio de junio se observa una mayor acumulación de horas solares en fachadas orientadas al noreste y noroeste, respectivamente. Estos períodos presentan los valores promedio más altos del análisis, favoreciendo una mayor exposición solar sobre las superficies directamente influenciadas por la trayectoria solar predominante. A su vez, las zonas ubicadas entre edificaciones registran menores niveles de insolación debido al sombreado generado por la densidad urbana.

En los escenarios del equinoccio de septiembre y el solsticio de diciembre se produce un cambio en la distribución de la insolación, favoreciendo a las fachadas orientadas al sur. Septiembre marca el inicio de esta transición, mientras que diciembre mantiene dicho comportamiento y registra los valores promedio más bajos del análisis. En ambos casos, los espacios interiores continúan presentando menores horas solares debido a las sombras proyectadas por las edificaciones del entorno.

Figura 25

Horas solares - Montecristi



Nota. Elaboración propia.

5.2.1.2 Radiación Solar.

A través de este análisis es posible identificar la cantidad de energía solar incidente acumulada sobre las superficies del polígono de estudio durante los distintos períodos estacionales.

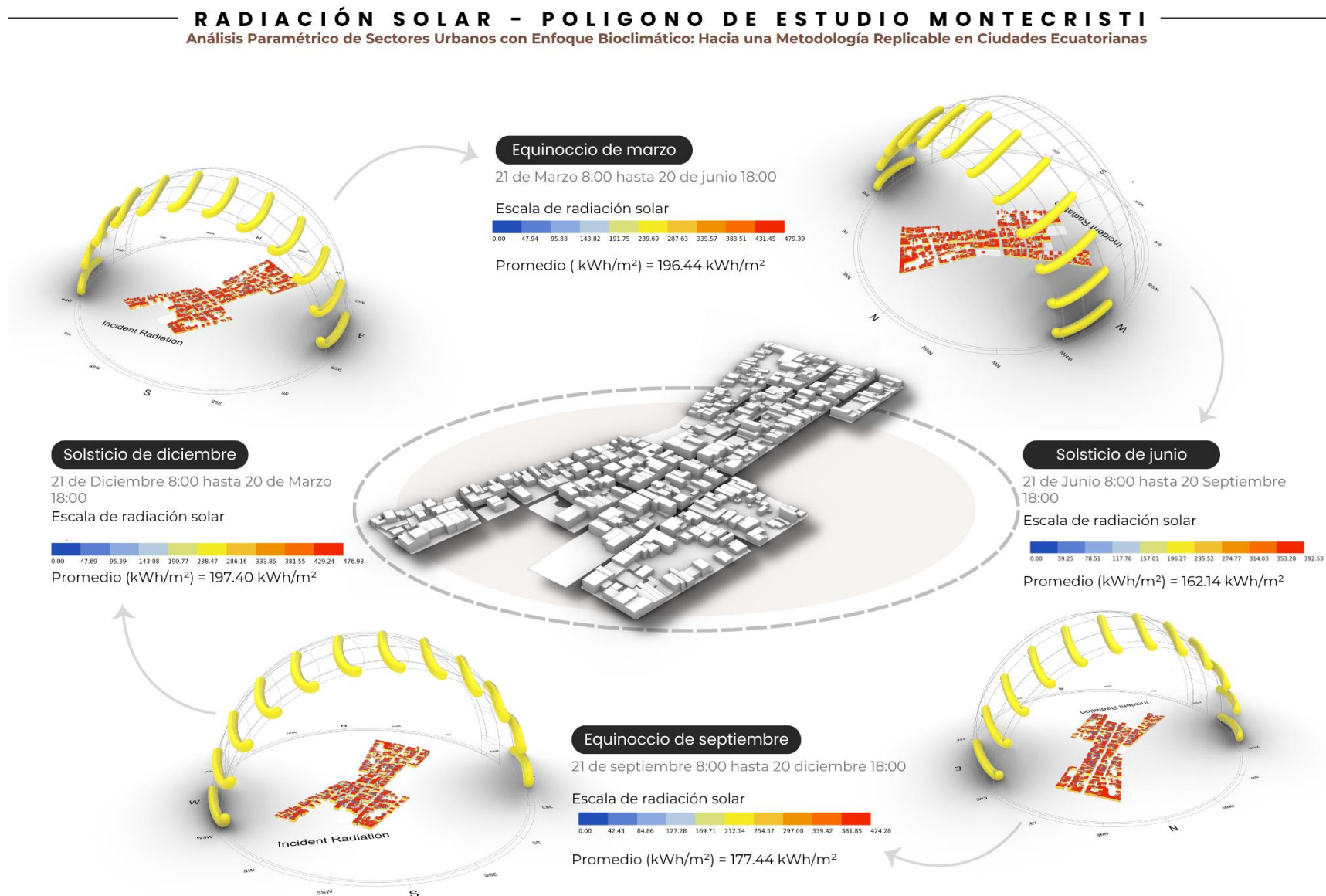
Los valores promedio obtenidos oscilan entre 162.14 kWh/m² y 197.40 kWh/m², reflejando variaciones en la captación energética asociadas a los cambios en la trayectoria solar a lo largo del año.

Los resultados evidencian una modificación progresiva en la distribución de la radiación sobre las fachadas. Durante los escenarios de marzo y junio, la mayor captación energética se concentra en orientaciones noreste y noroeste, respectivamente; mientras que en septiembre y diciembre la incidencia de energía solar se desplaza hacia las fachadas orientadas al sur, modificando la distribución de la radiación dentro del conjunto urbano.

Asimismo, se observa que la captación energética disminuye durante el solsticio de junio y aumenta progresivamente hacia los escenarios de septiembre y diciembre. Este último registra los valores más altos de radiación acumulada, mientras que las superficies con menor exposición se localizan principalmente en sectores condicionados por obstrucciones y sombras generadas por la configuración urbana.

Figura 26

Radiación solar - Montecristi



Nota. Elaboración propia.

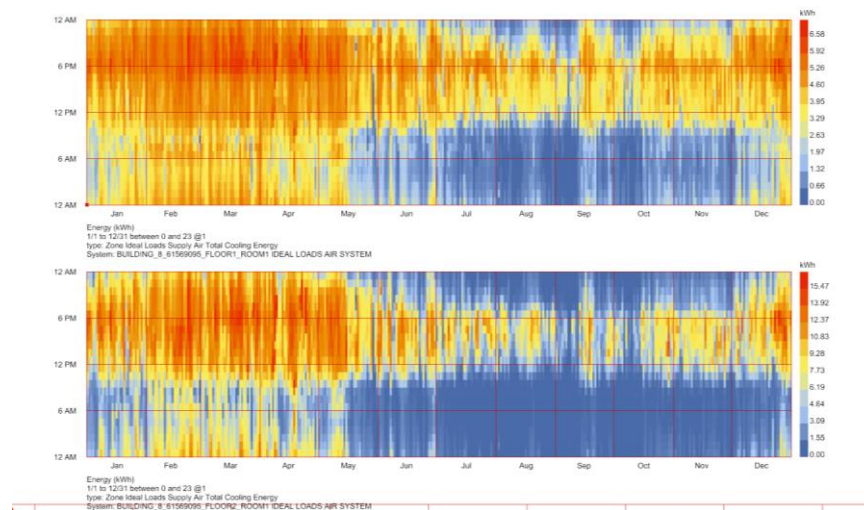
5.2.1.3 Estimación del Consumo Energético Anual.

Se registra un consumo anual de 60.961,11 kWh, destacándose por una marcada concentración de la demanda energética en los sistemas de refrigeración, que representan el 78,56 % del total consumido. Los equipos interiores aportan el 19,00 % del consumo, mientras que la iluminación interior participa con apenas el 2,44 %, reflejando una incidencia secundaria dentro del balance energético general.

El desempeño energético del conjunto alcanza una intensidad aproximada de 202,25 kWh/m²·año, valor en el que la refrigeración constituye el componente más significativo, con 158,88 kWh/m²·año. Esta condición sugiere una elevada exposición a ganancias térmicas y una importante necesidad de disipación de calor en las edificaciones que conforman la manzana. El comportamiento estacional muestra que las mayores exigencias energéticas se concentran entre enero y mayo, con un máximo de demanda durante el mes de marzo, período asociado a las condiciones de mayor temperatura y radiación solar.

Figura 27

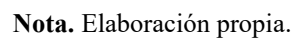
Mapa de calor del consumo energético anual del polígono de estudio en Montecristi.



Nota. Elaboración propia.

Desde junio, la demanda presenta una tendencia descendente hasta septiembre, mes en el que se registran los niveles mínimos de consumo. Luego, hacia el cierre del año se observa una recuperación gradual de las cargas energéticas durante noviembre y diciembre..

Análisis del consumo energético anual del polígono de estudio en Montecristi.



5.2.2 Polígono de Estudio 3 – Portoviejo

El modelo urbano tridimensional del polígono de estudio de Portoviejo comprende 1046 edificaciones organizadas en 31 manzanas, constituyendo una representación digital detallada de la morfología del sector.

Incorpora atributos geométricos y urbanos fundamentales, entre ellos la altura de las edificaciones, la delimitación de las manzanas, la jerarquía de la red vial y las dimensiones de las aceras. Estos elementos conforman un modelo digital consistente que representa las condiciones físicas actuales del polígono y proporciona el nivel de precisión requerido para la evaluación de variables relacionadas con el desempeño ambiental urbano y el comportamiento energético del entorno construido.

El diseño 3D fue vinculado a un archivo climático en formato EPW correspondiente a la ciudad de Portoviejo, incorporando parámetros meteorológicos locales como temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento. De esta manera, las simulaciones bioclimáticas se ejecutan bajo condiciones climáticas reales, fortaleciendo la confiabilidad de los análisis y de los resultados obtenidos para el sector de estudio.

Figura 29

Modelo digital de polígono de estudio en Portoviejo.



Nota. Elaboración propia.

5.2.2.1 Horas Solares.

Los resultados obtenidos muestran valores promedio entre 442.69 h y 466.74 h, evidenciando una disponibilidad de radiación solar directa relativamente uniforme durante todo el año. Las variaciones observadas entre los diferentes períodos estacionales son moderadas, lo que refleja un comportamiento estable de la insolación sobre el tejido urbano.

La distribución de las horas solares está determinada principalmente por la orientación de las edificaciones, la configuración de las manzanas y el sombreado generado por la propia morfología urbana.

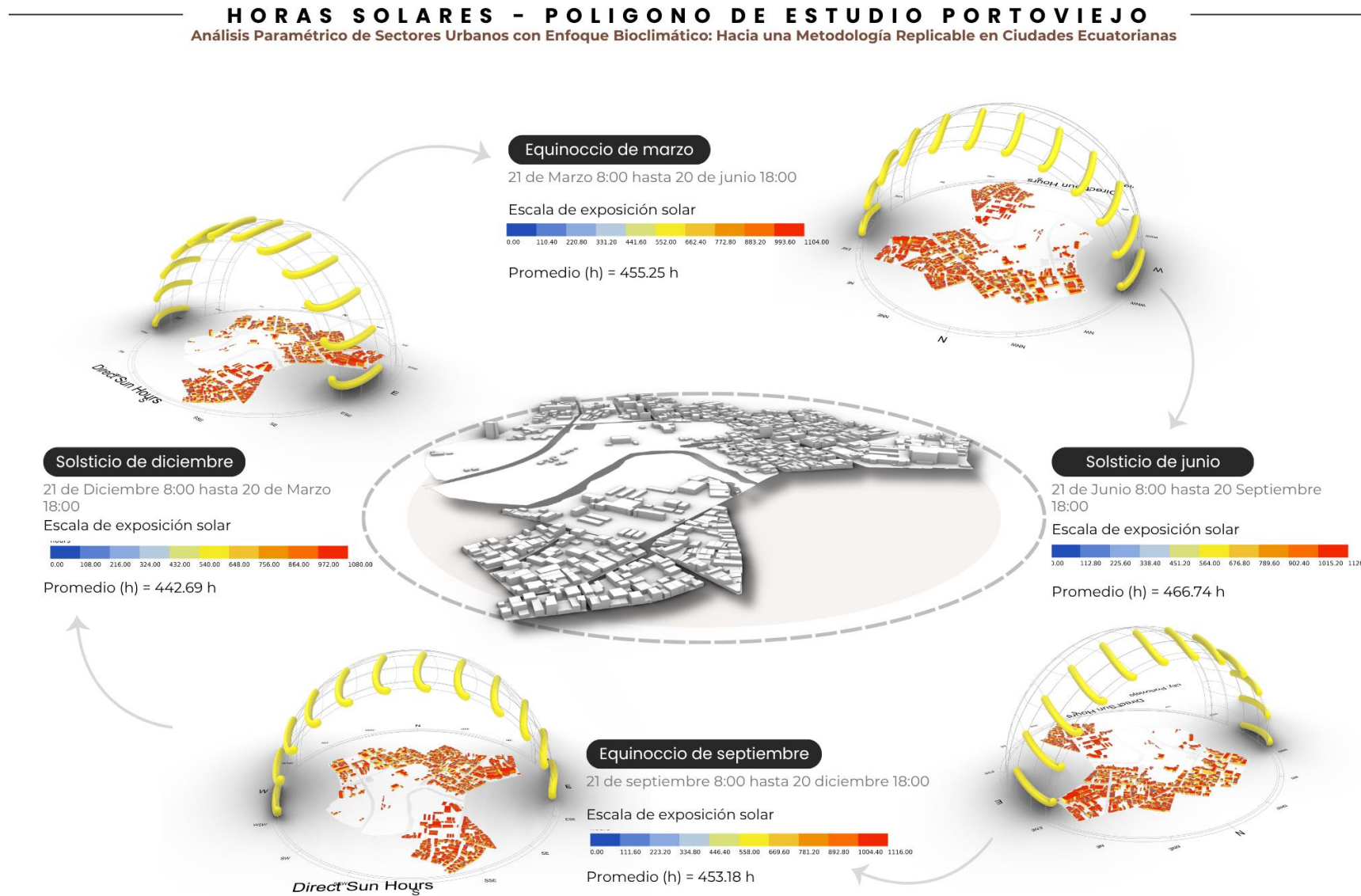
Durante el equinoccio de marzo y el solsticio de junio se registran los mayores niveles de exposición solar, con promedios de 455.25 h y 466.74 h, respectivamente. En estos períodos la trayectoria solar favorece una mayor incidencia sobre las cubiertas y las fachadas con orientaciones norte y noroeste, incrementando la cantidad de horas de radiación directa en las superficies más expuestas. En contraste, los espacios interiores del tejido urbano y las zonas con mayor concentración edificatoria presentan menores niveles de insolación debido a las sombras proyectadas entre edificaciones.

En el equinoccio de septiembre y el solsticio de diciembre se evidencia una redistribución de la exposición solar como consecuencia del desplazamiento estacional de la trayectoria aparente del Sol. El equinoccio de septiembre registra un promedio de 453.18 h, mientras que el solsticio de diciembre presenta el valor promedio más bajo del análisis con 442.69 h. Durante estos períodos aumenta la exposición sobre fachadas orientadas hacia el sur, mientras que las áreas ubicadas entre edificaciones mantienen menores horas solares debido al efecto del sombreado urbano.

En conjunto, los resultados confirman que el polígono de estudio de Portoviejo presenta una disponibilidad solar constante a lo largo del año, con variaciones estacionales asociadas principalmente a la orientación de las superficies y a la geometría del entorno construido.

Figura 30

Horas solares- Portoviejo



Nota. Elaboración propia.

5.2.2.2 Radiación Solar.

A partir del análisis de radiación solar acumulada se determina el comportamiento de la energía incidente sobre las superficies edificadas del polígono de estudio a lo largo de los períodos evaluados. Los valores promedio obtenidos varían entre 173.44 kWh/m² y 195.41 kWh/m², evidenciando una distribución de la radiación estrechamente relacionada con la posición aparente del sol y la geometría urbana.

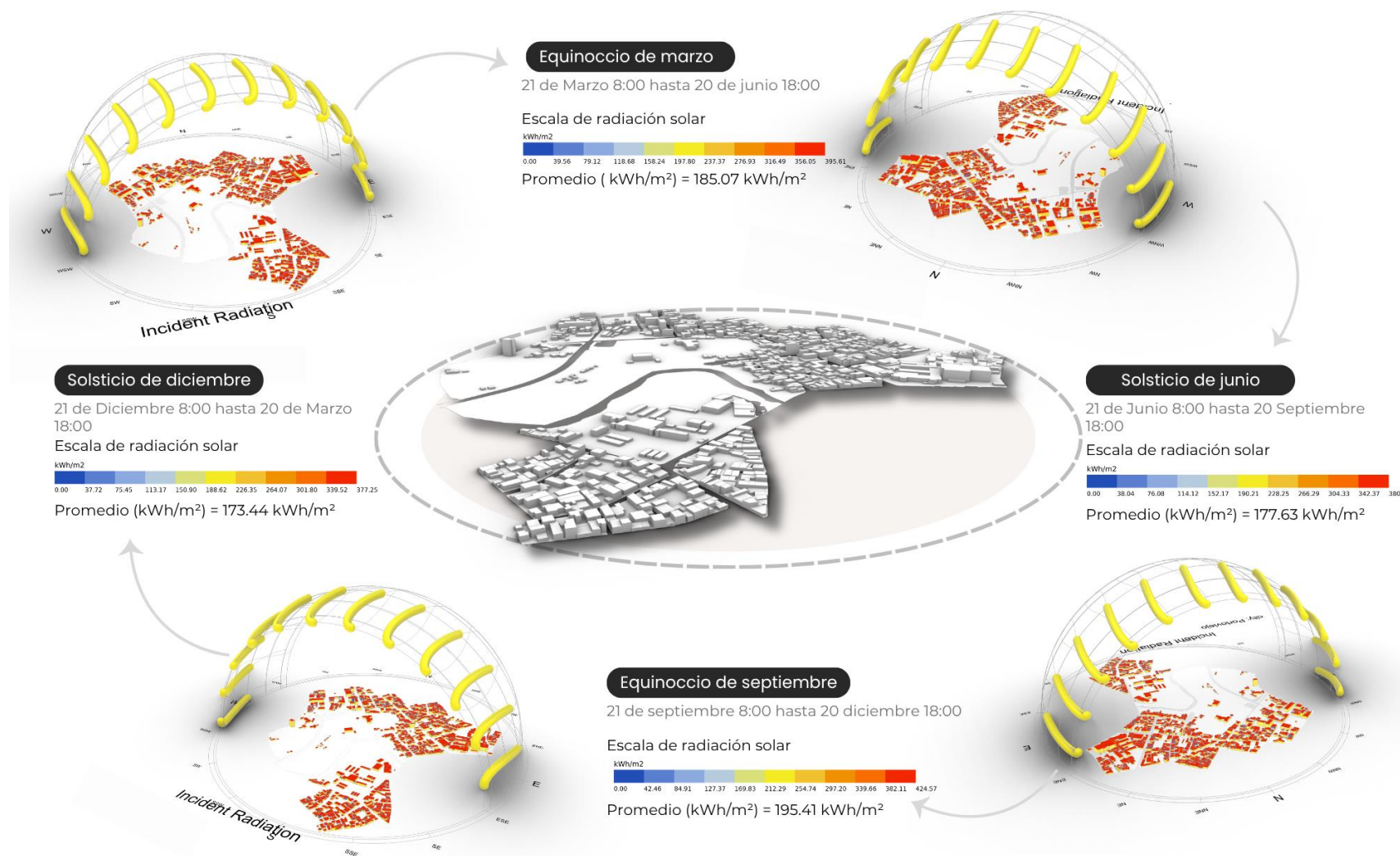
Se identifica que la mayor acumulación de energía se presenta durante el equinoccio de septiembre, con un promedio de 195.41 kWh/m², mientras que el solsticio de diciembre registra la menor captación energética, con 173.44 kWh/m². Los períodos correspondientes al equinoccio de marzo y al solsticio de junio muestran valores intermedios de 185.07 kWh/m² y 177.63 kWh/m², respectivamente, lo que refleja una variación moderada en la intensidad de la radiación incidente durante el ciclo anual.

La distribución espacial de la radiación evidencia que las superficies con mayor exposición se concentran en edificaciones sin obstrucciones significativas y con orientación favorable hacia la trayectoria solar, mientras que los niveles más bajos de captación se localizan en sectores donde la densidad edificatoria y las sombras proyectadas limitan la incidencia directa de la radiación.

Este comportamiento permite reconocer las áreas con mayor potencial para estrategias de aprovechamiento solar y aquellas donde resulta prioritario implementar medidas de control térmico pasivo para mejorar el desempeño ambiental del entorno urbano.

Figura 31

Radiación solar - Portoviejo



Nota. Elaboración propia.

5.2.2.3 Estimación del Consumo Energético Anual.

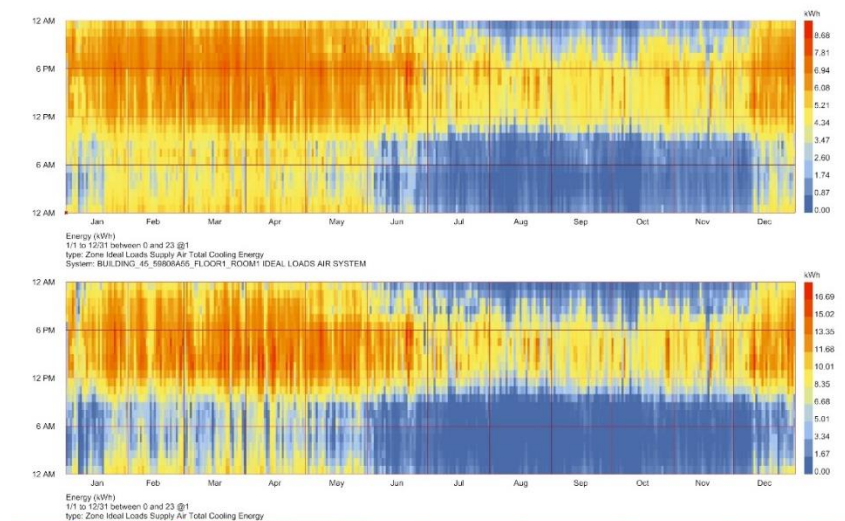
El consumo energético anual es de 17.123 kWh, significativamente menor que otros polígonos estudiados. Esto se relaciona con la configuración de la manzana, compuesta mayoritariamente por edificaciones de alta densidad ocupacional, pero con alturas reducidas, de una planta y, en menor medida, de hasta dos plantas.

El consumo en refrigeración concentra el 78,86 % de la demanda total, evidenciando que el desempeño energético del conjunto está fuertemente condicionado por la necesidad de controlar las cargas térmicas internas y externas. Por otro lado, los equipos interiores representan el 18,74 % del consumo, mientras que la iluminación interior aporta apenas el 2,40 %. La intensidad energética total alcanza aproximadamente 205,10 kWh/m²·año, constituyéndose como el valor más alto entre los usos identificados por la incidencia predominante del enfriamiento (161,75 kWh/m²·año).

A diferencia de otros polígonos, la distribución temporal de la demanda presenta una dinámica más definida, con dos períodos de máxima exigencia energética. El primero se desarrolla entre enero y abril, asociado a las condiciones de mayor temperatura, mientras que el segundo se manifiesta hacia noviembre y diciembre, cuando se observa un repunte importante del consumo.

Figura 32

Mapa de calor del consumo energético anual del polígono de estudio en Portoviejo.



Nota. Elaboración propia.

Análisis del consumo energético anual del polígono de estudio en Portoviejo.

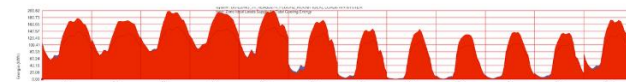
Análisis Paramétrico de Sectores Urbanos con Enfoque Bioclimático: Hacia una Metodología Replicable en Ciudades Ecuatorianas



Nota. Elaboración propia.

Uso energético	Consumo	Porcentaje
Refrigeración	13.503 kWh	78,86%
Equipos interiores	3.208 kWh	18,74%
Iluminación interior	411 kWh	2,40%
Calefacción	0	0%

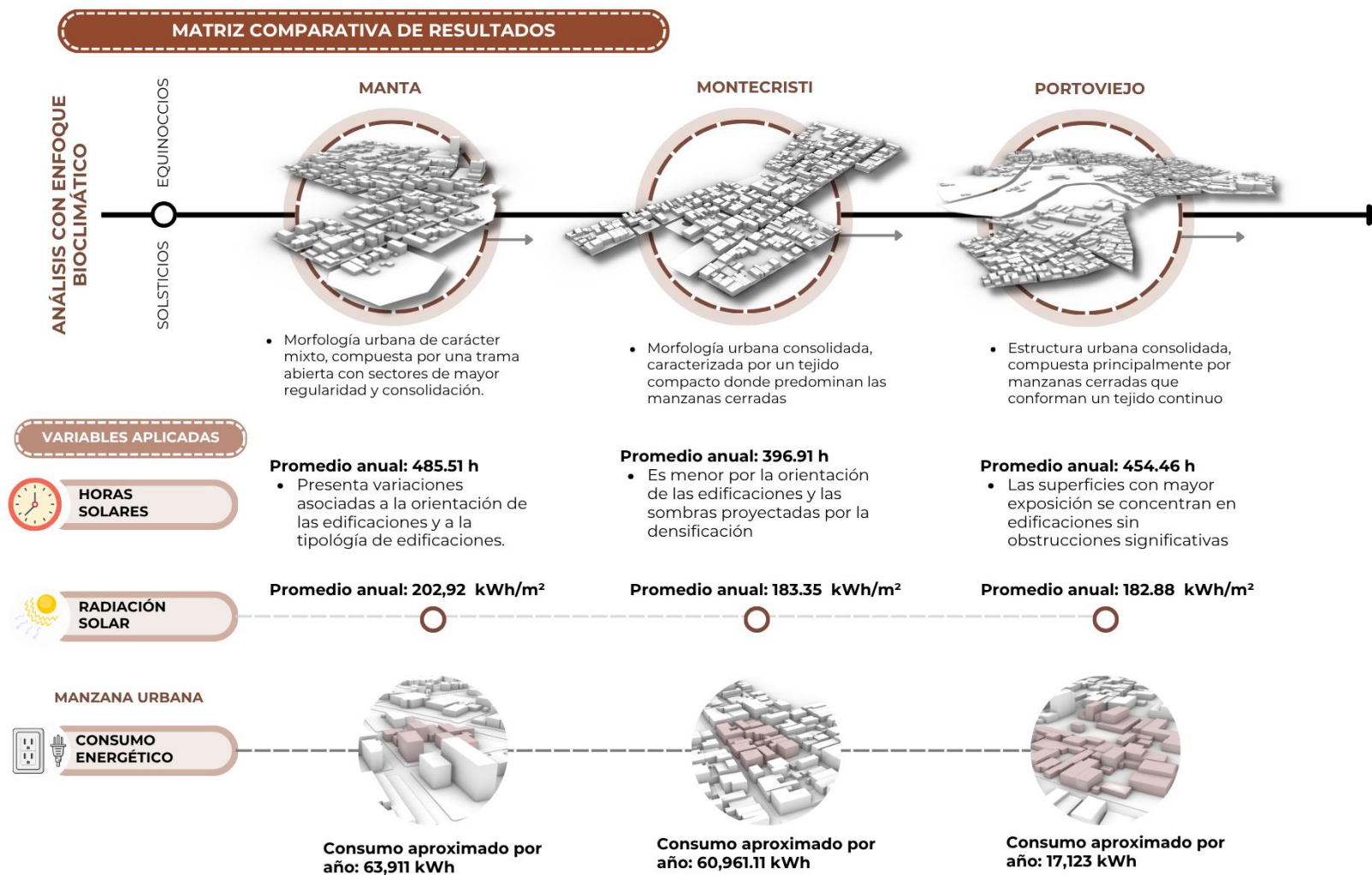
La suma da una intensidad total aproximada de **205.10 kWh/m².año.**



Las mayores condiciones de calor se presentan principalmente entre enero y abril, con un segundo incremento en noviembre y diciembre.

Figura 34

Matriz comparativa de resultados



Nota. Elaboración propia.

6 Conclusiones

La revisión bibliográfica permitió establecer los fundamentos conceptuales de la parametrización y del análisis urbano bioclimático, identificando como indicadores principales las horas de exposición solar, la radiación solar y el consumo energético. La selección de estos indicadores proporcionó una base técnica para evaluar el desempeño ambiental urbano en el contexto ecuatoriano, permitiendo posteriormente analizar cuantitativamente tres sectores urbanos mediante simulaciones paramétricas desarrolladas bajo condiciones climáticas reales.

La metodología de análisis paramétrico urbano permitió integrar información geoespacial, modelos digitales tridimensionales y archivos climáticos EPW para representar las condiciones reales de tres sectores urbanos pertenecientes a Manta, Montecristi y Portoviejo. La aplicación de la metodología sobre 1.822 edificaciones distribuidas en 71 manzanas urbanas demostró que el procedimiento es capaz de generar modelos comparables para evaluar horas solares, radiación solar y consumo energético en cuatro escenarios estacionales (equinoccios y solsticios), constituyéndose en un procedimiento sistemático y replicable para el análisis urbano bioclimático.

La comparación de los tres sectores urbanos confirmó que el comportamiento bioclimático presenta patrones asociados a la configuración y orientación del tejido urbano, aunque cada contexto manifiesta particularidades derivadas de su propia morfología. Las diferencias registradas en los promedios anuales de horas solares (396,91–485,51 h), radiación solar (182,88–202,92 kWh/m²) y consumo energético (17.123–63.911 kWh/año) evidencian que la disposición de las manzanas, el grado de consolidación urbana y el sombreado generado por las edificaciones se reflejan en el desempeño ambiental de los sectores analizados. En este sentido, el análisis comparativo permitió reconocer que no existe una configuración urbana universalmente óptima, sino patrones de comportamiento cuya interpretación depende de las características espaciales y ambientales propias de cada contexto, lo que permitió dar cumplimiento al objetivo de evaluar y comparar el desempeño bioclimático mediante simulaciones paramétricas.

Los resultados obtenidos permitieron estructurar una metodología de análisis urbano bioclimático replicable, organizada de forma secuencial desde la recopilación y procesamiento de información territorial hasta la modelación digital, simulación paramétrica y comparación de resultados. La metodología integra herramientas SIG, modelado

tridimensional y simulaciones ambientales, facilitando la evaluación del desempeño bioclimático en diferentes configuraciones urbanas mediante indicadores cuantificables. Su aplicación en tres ciudades ecuatorianas confirmó su capacidad para adaptarse a distintos contextos urbanos y generar información técnica que puede servir de base para futuras investigaciones, así como para el desarrollo de propuestas y estrategias de planificación sustentadas en análisis paramétricos.

7 Recomendaciones

Se recomienda que los Gobiernos Autónomos Descentralizados y las instituciones responsables de la planificación territorial incorporen el análisis urbano bioclimático mediante herramientas paramétricas dentro de las etapas de diagnóstico y evaluación de los instrumentos de planificación, como los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) y los Planes de Uso y Gestión del Suelo (PUGS). La utilización de indicadores como las horas de exposición solar, la radiación solar y el consumo energético permitiría respaldar la toma de decisiones con información cuantitativa sobre el desempeño ambiental de los sectores urbanos, favoreciendo procesos de planificación acordes con las características propias de cada contexto.

Asimismo, se recomienda que la evaluación de proyectos de expansión, consolidación o regeneración urbana incorpore simulaciones paramétricas como parte de los estudios previos a su implementación. La comparación de diferentes configuraciones y orientaciones urbanas permitiría anticipar el comportamiento bioclimático de los sectores de intervención y aportar criterios técnicos para la selección de alternativas que respondan de mejor manera a las condiciones ambientales y morfológicas del entorno.

De igual manera, se recomienda que los procesos de formulación y actualización de la normativa urbana consideren la incorporación de criterios bioclimáticos sustentados en análisis paramétricos, evitando la aplicación de parámetros homogéneos en contextos urbanos con características morfológicas distintas. Los resultados obtenidos evidencian que el desempeño ambiental presenta patrones comunes, pero también particularidades asociadas a la configuración y orientación de cada sector urbano, por lo que las decisiones de planificación deben fundamentarse en diagnósticos específicos para cada área de estudio.

Finalmente, se recomienda ampliar la aplicación de la metodología propuesta en diferentes ciudades y regiones climáticas del Ecuador, incorporando variables

complementarias como la ventilación urbana, la cobertura vegetal, las propiedades térmicas de los materiales, el confort térmico exterior y los efectos asociados a la isla de calor urbana. Su validación en otros contextos permitirá fortalecer la metodología de análisis urbano bioclimático desarrollada en esta investigación y ampliar su utilidad como herramienta técnica para apoyar la planificación urbana sostenible y el desarrollo de futuras propuestas de intervención fundamentadas en evidencia científica.

8 Referencias

Broseta, C., & Bono, J. (2014). Diseño y optimización paramétrica de espacios urbanos públicos. *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA*, 18(1), ix.

<https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>

Capel, H. (2002). *La morfología de las ciudades. Vol. I: Sociedad, cultura y paisaje urbano: I*. Ediciones del Serbal.

Cortés Vázquez, J. A., Dos Santos Martins, H. M., & Mendes, P. (2020). Antropología y cambio climático: Recorridos, temáticas y propuestas. *Disparidades. Revista de Antropología*, 75(2), e015. <https://doi.org/10.3989/dra.2020.015>

Estudio del espacio público. (s. f.). Recuperado 4 de agosto de 2026, de <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0538401.pdf>

Fernández, M. E., & Gentili, J. O. (2021). Radiación solar y planeamiento urbano: Factores e interacciones en Bahía Blanca, Argentina. *Revista de Urbanismo*, (45), 46. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2021.58824>

Garcés, E. K. (s. f.). *Pensar la ciudad: Historia y antropología*.

Geertz, C. (1998). *La interpretación de las culturas* (1st ed). Gedisa, Editorial, S.A.

Gravano, A., Galarza, B., Gúber, R., & Herrán, C. A. (2016). *Antropología de lo urbano* (Primera edición). LOM ediciones.

Higueras, E. (2006). *Urbanismo Bioclimático* (1.ª ed.). Gustavo Gili.

José Antonio Turégano Romero, María del Carmen Velasco Callau, Amaya Martínez Gracia. (2009). *Arquitectura bioclimática y urbanismo sostenible: I* (1º Edición). Pressas Universitarias de Zaragoza.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo: Correspondencias Jurídicas* (1.ª ed.). Estudio Nueve.

Mitchell, W. J. (2007). Ciudades inteligentes. *UOC Papers. Revista sobre la sociedad del conocimiento*, (5). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=79000502>

Navarrete, S. (2012). *Diseño paramétrico. El gran desafío del siglo XXI*. 10.

Olgyay, V. (2016). *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas* (1ª ed., 12ª tirada). Gustavo Gili.

Panerai, P., Castex, J., & Depaule, J.-C. (1986). *Formas urbanas: De la manzana al bloque* (1.ª ed.). Gustavo Gili.

Panerai, P., & Mangin, D. (2002). *Proyectar la ciudad*. Celestes Ediciones.

Presidencia de la república del Ecuador. (2010). *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, AUTONOMIA Y DESCENTRALIZACION*.

San Juan, G. A. (Ed.). (2013). *Diseño bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/45124>

SGROI, A. (2009). *MORFOLOGÍA URBANA*. <https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%C2%BA-19-Morfolog%C3%AD-a-Urbana.pdf>

Universitat Politècnica De València, E. (2014). Universitat Politècnica de València. *Ingeniería del agua*, 18(1), ix. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>

Zapatero Santos, M. A. (2017). *LA DENSIDAD URBANA: CONCEPTO Y METODOLOGÍA*. 131.

9 Anexos

Figura 35

Levantamiento de información



Nota. Pruebas de vuelo con dron en conjunto con tutor académico.

Figura 36

Ortomosaico del poligono de estudio en Manta



Nota. Elaboración propia.

Figura 37

Reconstrucción tridimensional de polígono de Manta



Nota. *Modelo tridimensional texturizado (Textured Mesh) procesado en Agisoft Metashape*

Figura 39

Reconstrucción tridimensional de polígono de Montecristi.



Nota. Modelo tridimensional texturizado (Textured Mesh) procesado en Agisoft Metashape.

Figura 40

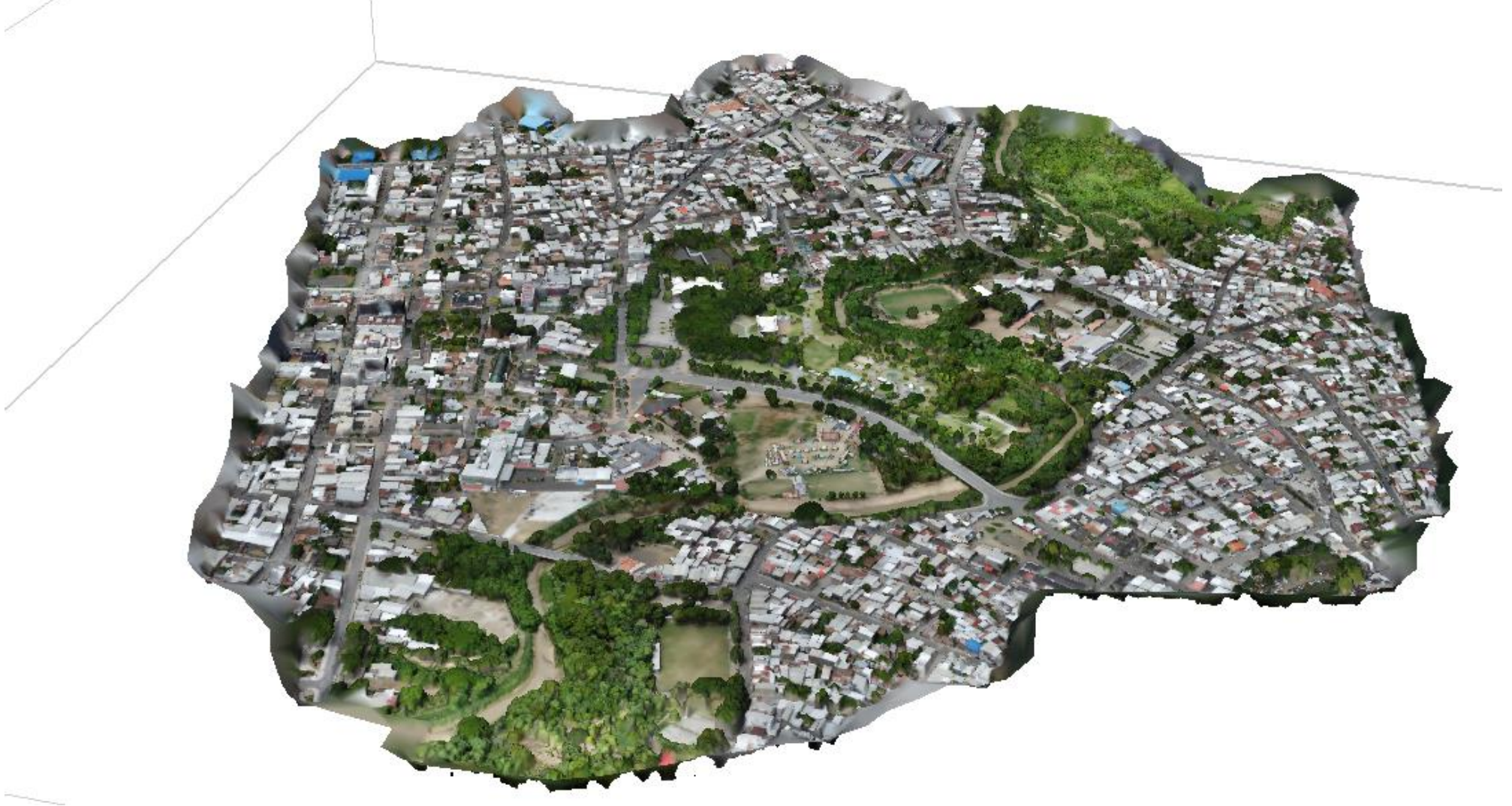
Ortomosaico del polígono de estudio en Portoviejo



Nota. Elaboración propia.

Figura 41

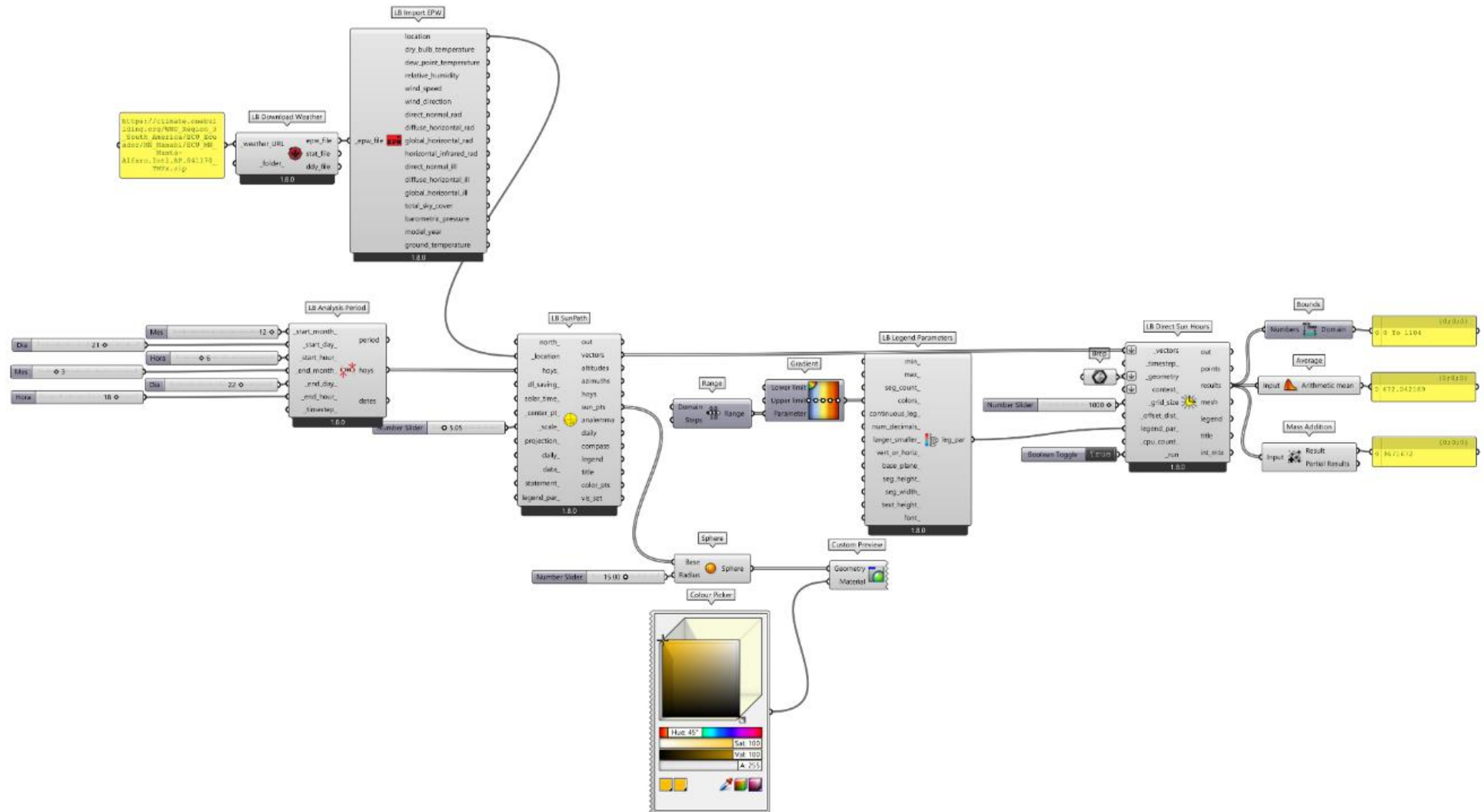
Reconstrucción tridimensional de polígono de Portoviejo.



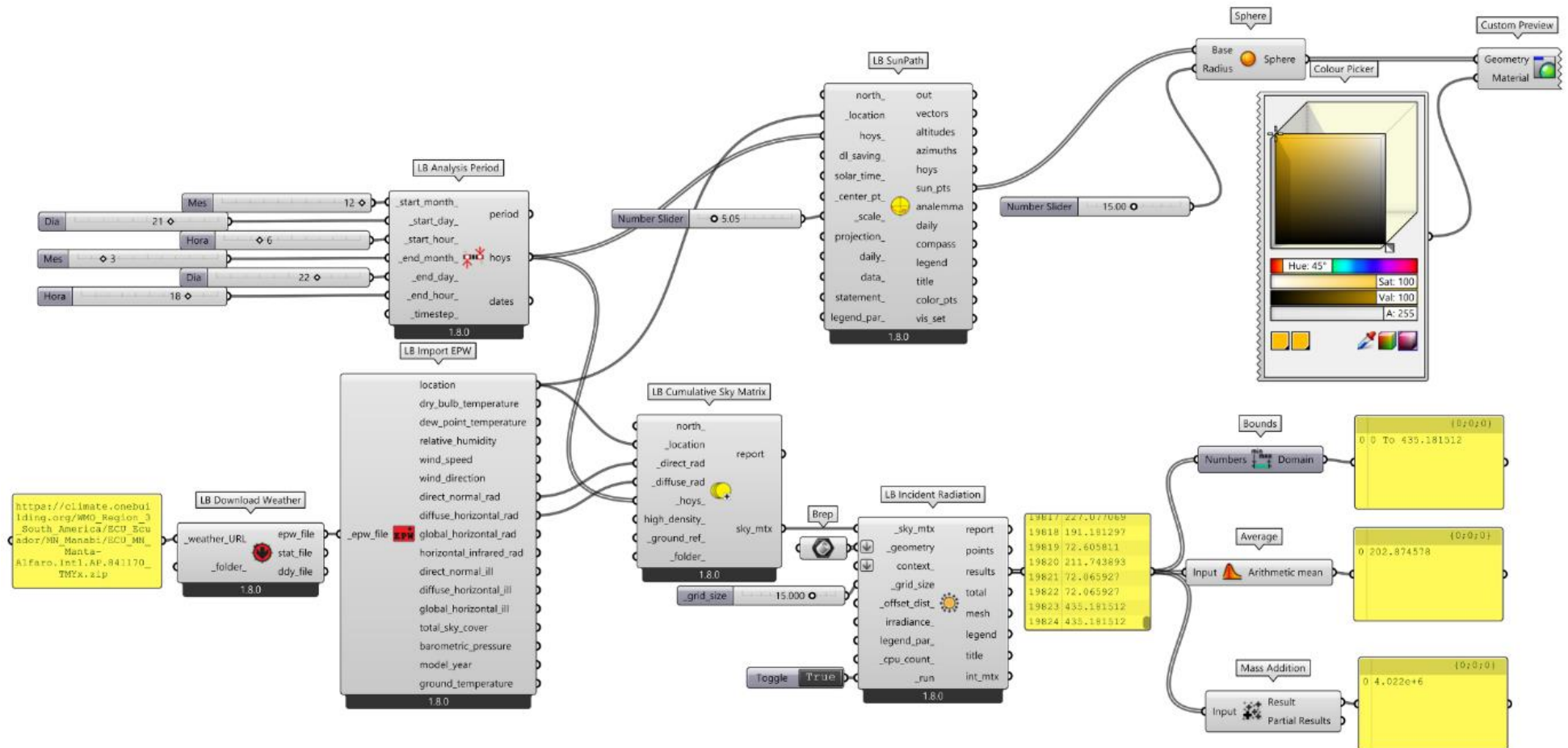
Nota. Modelo tridimensional texturizado (Textured Mesh) procesado en Agisoft Metashape.

Figura 42

Definición paramétrica de análisis de horas solares



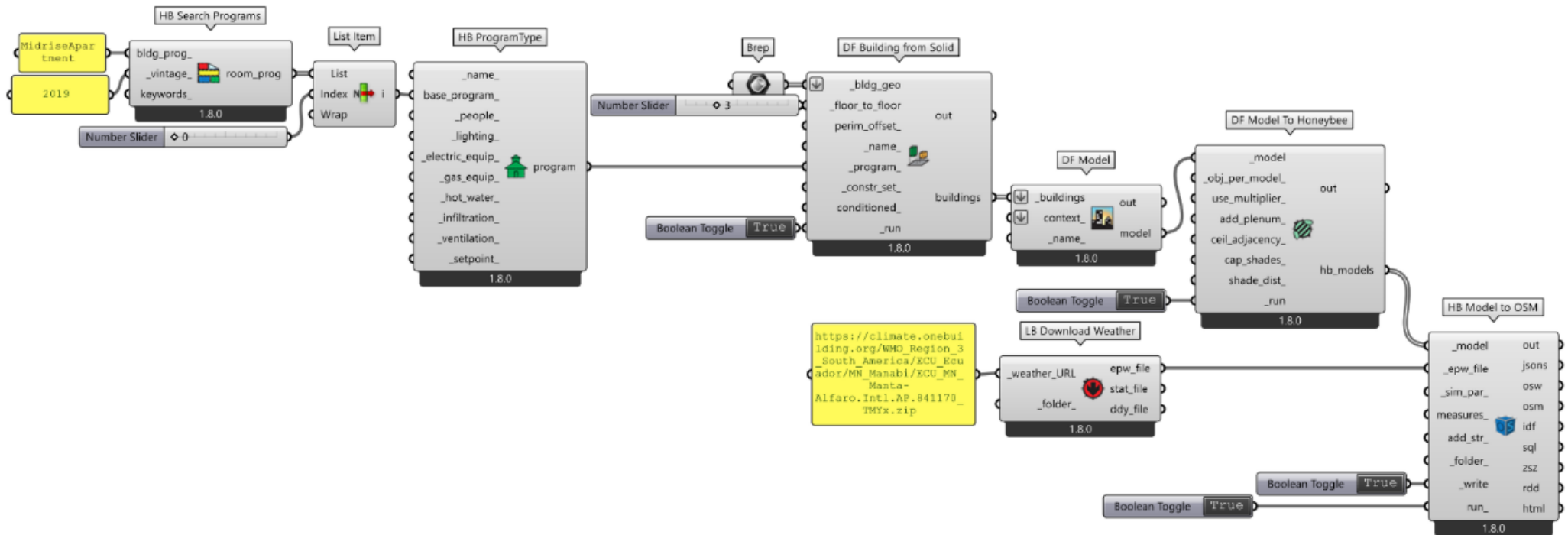
Nota. A través de esta configuración, se determinaron las horas solares procesando cada polígono de estudio.

Figura 43*Definición paramétrica de niveles de radiación solar*

Nota. A través de esta configuración, se determinaron los niveles de radiación solar procesando cada polígono de estudio.

Figura 44

Definición paramétrica para determinar consumo energético



Nota. A través de esta configuración, se estimaron niveles de consumo energético de cada polígono.